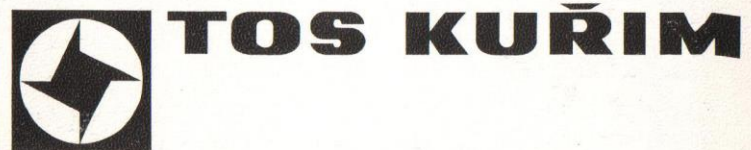


# ASOCIACE STROJNÍCH INŽENÝRŮ



Bulletin Asociace strojních inženýrů vydává pro své členy

Adresa: ASI, Technická 4, 166 07 Praha 6

## Motto:

Voda je moc potřebná věc, ale umí být i ničivým živlem. A lidé k sobě dovedou být dobří i krutí, stejně jako ona.

## OBSAH

Ing. Jiří Michele	
<b>TOS KUŘIM - základní informace o firmě</b> .....	1
<i>Prof. Ing. Jiří Nožička, DrSc., doc. Ing. Jiří Nožička, CSc.</i>	
<b>Nástin historie technické termodynamiky</b> .....	4
<i>Doc. Ing. Miroslav Štastný, DrSc.</i>	
<b>Druhá evropská konference: turbostroje - dynamika tekutin a termodynamika</b> .....	23
<i>Prof. Ing. Jaroslav Němec, DrSc.</i>	
<b>Základní rysy rozvoje vědy a techniky ve 20. století</b> .....	26
<i>Ing. František Pařízek</i>	
<b>Ověřování technického stavu a možnosti prodloužení životnosti vysokotlakých plynovodů</b> .....	34
<i>Ing. Jaroslav Tesář</i>	
<b>Institut technické inspekce Praha byl akreditován</b> .....	39
<i>Ing. Jiří Maštovský, CSc.</i>	
<b>Informace o činnosti Českého národního výboru FEANI za uplynulý rok</b> .....	39
<b>ZPRÁVY Z ČINNOSTI ASI</b>	
Usnesení ze shromáždění delegátů Asociace strojních inženýrů konaného dne 19. února 1997 na Strojní fakultě ČVUT v Praze .....	41
Zápis z 10. zasedání senátu ASI ( <i>Ing. O. Ubrá, DrSc.</i> ) .....	42
Dohoda o spolupráci mezi Státním úřadem pro jadernou bezpečnost a ASI .....	45
<b>Z ČINNOSTI KLUBŮ</b>	
Klub ASI Most .....	48
Klub ASI Česká Třebová .....	52
Klub ASI Praha .....	53
<b>RECENZE</b>	
Matematické modelování v aerodynamice ( <i>Dvořák, Kozel</i> ) .....	54
<b>SPOLEČENSKÁ KRONIKA ČLENŮ ASI</b> .....	57

## Redakční rada

Ing. Václav Cyrus, DrSc., Ing. Václav Daněk, CSc., doc. Ing. František Drastík, CSc.,

Ing. Josef Vondráček

## TOS KUŘIM

## PROFIL SPOLEČNOSTI

## Hlavní výrobní obor:

Výroba obráběcích strojů

## Stručná historie firmy:

**1942**

Zahájena výroba přesných vyvrtávacích strojů, hoblovacích strojů na kuželová ozubení, soustruhů, konzolových frézek a speciálních strojů.

**1943**

Zahájena výroba leteckých motorů pro potřeby zbrojního průmyslu.

**1945**

Vzniká samostatný podnik začleněný pod národní podnik Spojené továrny na obráběcí stroje se sídlem v Praze.

**1946 - 1982**

Zahájena sériová výroba jednoduchých a výkonných konzolových frézek řady FA.

**1950**

Zřízení národního podniku TOS KUŘIM.

**1948 - 1964**

Výroba soustruhů SV 18, jež proslavily závod svým výkonem, přesností a především bezporuchovým provozem.

**1953**

Slévárna šedé litiny, jedna z prvních sléváren komplexně mechanizovaných.

**1957**

Zahájena výroba 1. automatické linky pro švédskou firmu SKF.

**1958**

TOS KUŘIM se rozrostl o závod Lipník.

**1959**

Zahájena výroba frézek řady FB, které umožňovaly široký rozsah frézovacích operací.

**1965**

Jako celek se stává národní podnik TOS KUŘIM součástí Továren strojírenské techniky se sídlem v Praze.

**1967**

K základnímu závodu připojen závod Jasová u Nových Zámků, známý licenční výrobou teleskopických krytů.

**1967**

První dodávka kuličkových šroubů švédské firmě.

**1972**

Realizace prvního čs. obráběcího centra FVV 2, které se stalo později součástí integrovaného výrobního úseku IVÚ 800/1250 pro opracování skříňových součástí.

**1976**

Dodávka šroubu vyrobeného z titanu, který byl instalován na družici Phobos vyslané do vesmíru v rámci programu Interkosmos.

**1978**

Přičleněn závod Znojmo, který je monopolní výrobce variátorů v ČR.

**1982**

Zahájena výroba ložových frézek řady FS.

**1990**

Podepsána smlouva o založení společného podniku s německou firmou Kabelschlepp, jejíž licenční výroba teleskopických krytů probíhala v závodě

Jasová. Sídlem nově založeného podniku jsou Nové Zámky.

#### 1. 1. 1991

TOS KUŘIM se stává státní akciovou společností.

#### 1991

Jako první strojírenský podnik z východních zemí získal TOS KUŘIM doklad o certifikaci systému jakosti pro výstupní kontrolu a zkoušení výrobků dle normy ČSN ISO 9003.

#### 1. 5. 1992

V rámci realizace privatizačního projektu vzniká 5 samostatných subjektů - akciové společnosti TOS KUŘIM, SLÉVÁRNA KUŘIM, TOS LIPNÍK, TOS ZNOJMO a TOS JASOVÁ.

#### 1. 8. 1994

Prodána hala 9 společnosti GOOS, s.r.o., zabývající se především generálními opravami obráběcích strojů.

#### 1995

Veřejná soutěž vyhlášená Fondem národního majetku na prodej 55,2 % akcií TOS KUŘIM, a.s.

#### 1. 8. 1996

Změna organizační struktury - holding TOS KUŘIM a.s., vytvoření dvou nových dceřiných společností s ručením omezeným pod obchodními jmény :

**TOS KUŘIM - KŠ, s.r.o.**

**TOS KUŘIM - OS, s.r.o.**

#### 1. 6. 1997

Společnost TOS KUŘIM - KŠ, s.r.o. mění svůj název na KULIČKOVÉ ŠROUBY KUŘIM, s.r.o..

#### Výrobní program :

Produkce firmy má charakter kusové a malosériové výroby, jež u vyráběných strojů klade vysoké požadavky na přesnost, kvalitu a výkonnost. Sortiment výrobků je značně rozsáhlý.

Náplň výrobního programu lze v současné době rozdělit na čtyři hlavní skupiny výrobků:

#### 1. univerzální stroje

konzolové frézky  
univerzální nástrojařské frézky  
obráběcí (frézovací) centra  
ložové frézky  
rovinné frézky

#### 2. jednouúčelové stroje a automatické linky

#### 3. příslušenství obráběcích strojů, nářadí a náhradní díly

#### 4. generální opravy a modernizace obráběcích strojů

#### Stručná charakteristika

K České republice se váže mezinárodně uznávaná tradice vyspělé průmyslové výroby. V řadě českých výrobců strojírenské techniky zaujímá od svého založení důležité místo výrobce přesných obráběcích strojů v Kuřimi. Za téměř 55 let výroby obráběcích strojů v Kuřimi nasbírali zaměstnanci společnosti zkušenosti z vývoje, výzkumu, konstrukce, výroby a provozu více než 83 000 obráběcích strojů, 52 automatických linek a 3200 jednouúčelových strojů.

Sídlo společnosti TOS KUŘIM - OS, s.r.o. je 15 kilometrů severně od Brna, průmyslového, ekonomického a kulturního centra Moravy, místa konání tradičních strojírenských veletrhů. Společnost zaměstnává 1200 pracovníků.

**TOS KUŘIM - OS, s.r.o.** rozvíjí svou podnikatelskou aktivitu ve výrobě obráběcích strojů, jednouúčelových strojů a linek a v dalších výrobních aktivitách. Základem činnosti je vlastní výzkum, vývoj, konstrukce, výroba a montáž, prodej a další obchodní činnosti.

Společnost převzala v plném rozsahu garanční a pogaranční opravy, servis a poradenské služby vyplývající z původních podnikatelských a výrobních aktivit TOS KUŘIM, a.s.

#### Základní organizační struktura:

- technický úsek (vývoj, výzkum, konstrukce JUS a US technologie, řízení jakosti)
- výrobní úsek (lehká a těžká mechanika, montáž, kooperace, OTS, údržba)
- obchodní úsek (marketing, zákazkový odbor, prodej, zásobování a nákup)
- ekonomický úsek (financování, ekonomika práce, kalkulace a ceny, personální odbor).

Výrobová strategie firmy je založena na neustálé inovaci široké nabídky celého výrobního sortimentu obráběcích strojů, včetně příslušenství.

Stroje výrobního programu naší společnosti jsou konfigurovány podle přání a objednávky zákazníka. Kromě základního provedení dodáváme stroje s jinými vřetenovými hlavami, jinými řídicími systémy a pohony, s vysokokapacitními zásobníky nástrojů, s bohatým příslušenstvím, s kabinou, v jiném barevném provedení a podobně.

TOS KUŘIM-OS vyrábí a dodává obráběcí stroje od jednoduchých univerzálních s ručním ovládním, přes numericky řízené stroje umožňující pětiosé obrábění až po pružné výrobní systémy a automatické výrobní linky konfigurované podle požadavků zákazníků, mezi kterými jsou především dodavatelé pro automobilový průmysl, nástrojárny, výrobní a opravárenské závody.

Dlouholeté zkušenosti zúčujeme při návrzích hydraulických, pneumatických, mazacích a chladicích obvodů; jejich montáže provádíme z prvků dodávaných světovými výrobci podle přání našich odběratelů. Pohony os i vřeten jsou navrhovány s využitím výpočetní techniky i mnohaletých zkušeností. Podle druhu řízení vybavujeme stroje systémy a pohony špičkových výrobců. Elektrické rozvaděče a rozvody včetně ovládacích panelů navrhujeme a vyrábíme pro celý sortiment našich strojů. Na přání zákazníka dodáváme i technologii, univerzální i speciální nástroje a nářadí. Výrobní základna TOS KUŘIM-OS umožňuje opracování součástí ze všech druhů polotovarů v běžných i ve velmi vysokých přesnostech prakticky všemi klasickými technologiemi včetně dělového vrtání a přesného dokončování, kontrolních a montážních prací.

Základní operace tepelného zpracování provádíme ve vlastní kalárně. Disponujeme obráběcími stroji pro výrobu přesných ploch včetně vodících ploch. Velmi přesné broušení rozhodujících rotačních ploch provádíme na speciálním klimatizovaném pracovišti. Naše výrobní zařízení umožňují výrobu všech druhů běžně používaného ozubení. Špičkové naostření především univerzálních nástrojů umožňuje šestiosá ostříčka firmy Walter; na operační výrobě sérií 200 kusů těchto brusek se naši pracovníci významně podíleli. Naši zaměstnanci mají mnohaleté zkušenosti z vývoje a výroby operačního nářadí a pomůcek.

Naše firma nabízí svoje zkušenosti, svůj vývojový a výrobní potenciál k řešení Vašich úkolů.

Zpracoval : Ing. Jiří Michele,

vedoucí marketingu TOS KUŘIM-OS

## Nástin historie technické termodynamiky

Prof. Ing. Jiří Nožička, DrSc., doc. Ing. Jiří Nožička, CSc.

### Co je termodynamika?

Na přelomu osmnáctého a devatenáctého století začal na hranicích mezi fyzikou a chemií vznikat nový vědní obor, který v polovině devatenáctého století dostal hodně diskutovaný název "termodynamika". Snažil se vysvětlit a matematicky popsat děje, které probíhají např. při působení ohně na hmotné objekty a projevují se změnou jejich teploty, hustoty a tlaku, a soustavy z nich vytvořené mohou odevzdávat do okolí třeba mechanickou práci. Za příčinu toho všeho se pokládalo něco, co nebylo dlouho přesně definováno a co se vlivem obecného jazyka nazývalo calor, chaleur, heat, Wärme, teplo. Inspirátorem byl nesporně parní stroj a jeho pronikavý vliv na vznik strojírenství. Proto se termodynamika zpočátku rozvíjela spíše jako věda aplikovaná ve strojírenství a chemické technologii, tedy jako termodynamika technická.

*"Věda vděčí pamímu stroji za víc než pamí stroj vědě"*

řekl v roce 1917 J. Henderson [18].

Původní modely termodynamických procesů byly navzdory názvu disciplíny vytvořeny za předpokladu, že proces probíhá kvazistatiicky, tj. jako rovnovážný. Skutečně dynamické procesy blízké termodynamice, jako je sdílení tepla, mechanika stlačitelných tekutin nebo kinetika chemických reakcí, se až do poloviny dvacátého století vyvíjely relativně samostatně.

Základní otázku, formulovanou s dobovou nejasností v prvním odstavci,

zodpověděla termodynamika v polovině devatenáctého století energetickým přístupem a bývá od té doby definována jako **nauka o transformaci tepelné energie v různé jiné její formy** (v mírně odlišných formulacích např. Kvasnica [15], Horák [11], Maštovský [17], Kalčík [13], Enekl [7], Středa [22]). Tvůrci termodynamiky však dokázali principem zvaným druhá hlavní věta termodynamická postihnout možnost pouze jednosměrného vývoje nevratných termodynamických procesů provázených disipací energie a posílili výklad jednosměrnosti pravděpodobnostním pohledem. Od té doby se rozlišuje termodynamika fenomenologická, která pracuje s makroskopickými měřitelnými veličinami a pojmy, a termodynamika statistická, založená na představách o částicové mikrostruktuře látky a pravděpodobnostním popisu interakce mezi částicemi.

Jednosměrnost vývoje termodynamických procesů popisuje termodynamika veličinou zvanou entropie, která díky této schopnosti se stala ve fyzice unikátním prostředkem. To přivedlo R. E. Sonntaga a G. J. Van Wylena [21] k lapidární definici:

*"Termodynamika je nauka o energii a entropii".*

Ve fyzice i v jiných vědách však existují i v netepelných oborech procesy, které probíhají jednosměrně, a k jejichž popisu nemají speciální obory vhodný aparát. Předvídaví vědci tušili rezervy, které jsou obsaženy právě v

termodynamice. Např. Albert Einstein napsal:

*"Teorie je tím účinnější, čím jednodušší jsou její předpoklady, čím rozmanitější jevy zahrnuje a čím širší je okruh jejich aplikací. Právě tím na mě hluboce zapůsobila klasická termodynamika. Je jedinou fyzikální teorií s univerzálním obsahem ... Jsem přesvědčen, že co do aplikability základních pojmů nebude nikdy překonána."*

Einsteinova předpověď se naplnila v polovině dvacátého století. Tehdy se stala středem zájmu vědců blízkých fyzikální chemii teorie termodynamiky nevratných procesů. Důsledkem bylo, že termodynamika absorbovala dříve zmíněné příbuzné dynamické disciplíny. Formulovala zákony plynoucí z druhé věty termodynamické, které bylo možno přizpůsobit k popisu dějů s respektováním jednosměrného plynutí času. Toho se chopila řada vědních oborů, která potřebovala vysvětlit zvyšování organizovanosti systémů. Příkladem může být moderní postdarwinovská evoluční biologie ([4, 6], mluví se i o biotermodynamice, viz [6]). Podobnou cestou prošla i kosmologie, termodynamika několikrát zasáhla i do filozofie. Začala pohlcovat i jiné vědní obory, které jí až dosud byly zdánlivě vzdáleny. Proto H. D. Baehr ve své dnes už klasické strojařsky orientované učebnici technické termodynamiky [2] definuje termodynamiku takto:

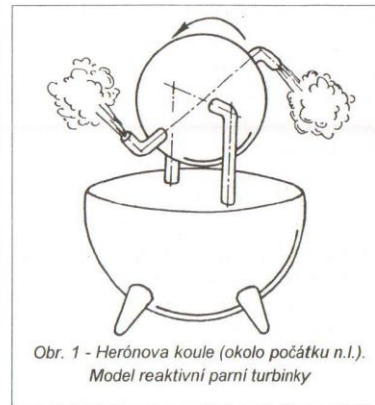
*"I když termodynamika vyšla ze zkoumání tepelných jevů, překročila v průběhu svého vývoje úzký rámec nauky o teple. Můžeme ji definovat nejspíše jako obecnou nauku o energii, ... Je ve svém*

*fenomenologickém i statistickém pojetí obecnou rámcovou teorií (eine allgemeine Rahmentheorie)".*

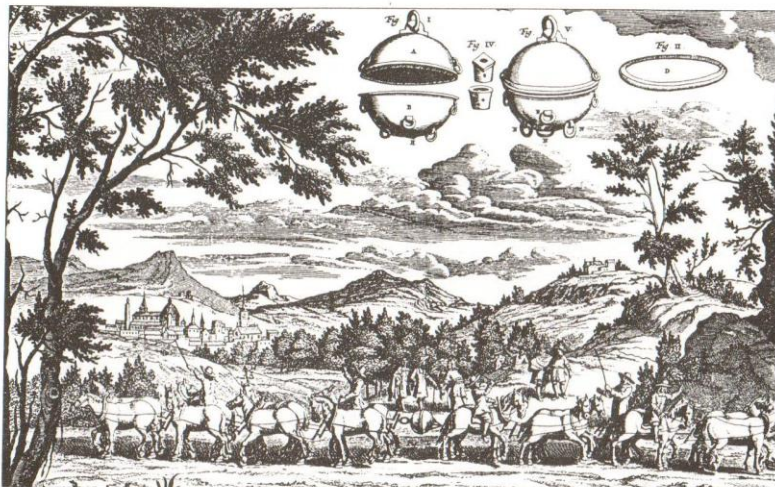
Současný stav každé vědní disciplíny je poplatný svému historickému vývoji, protože v ní zanechaly své stopy i opuštěné hypotézy a axiomatické struktury. Tím spíše to platí o termodynamice, protože ta během svého vývoje nejen prohlubovala své poznatky, ale měnila i svou náplň a definici. Chceme-li termodynamiku pochopit, musíme si takové souvislosti uvědomit, poznat její historické kořeny.

### Předtermodynamické období nauky o teple

Před nějakou stovkou tisíců let poznali pralidé oheň a jednoduchým způsobem jej i využívali jako zdroje tepla, k úpravě potravin i v primitivních technologiích. V neolitu, tj. asi v 5. až 3. tisíciletí př. Kr., se lidé naučili využívat ohně k výrobě keramiky a na Středním východě k výrobě mědi a slévání bronzu, v 2. až 1. tisíciletí př. Kr. pak pomocí ohně zvládli i jednoduchou metalurgii železa. Přitom neměli tušení, co vlastně oheň je. V této



Obr. 1 - Herónova koule (okolo počátku n.l.). Model reaktivní parní turbinky



Obr. 2 - Guerickův důkaz existence barometrického tlaku a vakua (1654)

nevědomosti lidé v podstatě setrvali až do posledních desetiletí 18. století po Kr. Bez výslovného zdůrazňování přežíval více než dva tisíce let starý **Empedoklův** názor, že oheň je jeden ze čtyř vzájemně neodvoditelných živlů. Přes neznalost podstaty ohně sestrojil **Hérón z Alexandrie** (okolo počátku našeho letopočtu) alespoň v modelovém provedení reaktivní parní turbinku, obr. 1.

Antičtí badatelé přemýšleli i o podivných vlastnostech jiného živlu, vzduchu. **Anaxagoras** (499 až 408 př. Kr.) a **Aristoteles** (384 až 322 př. Kr.) věděli, že vzduch podléhá tíze a již zmíněný Hérón poznal, že působí tlakem na stěnu. Pak si evropské lidstvo dopřálo v přírodovědném bádání prázdniny dlouhé 1500 let a zájem o fyziku se objevil znovu až v době renesance. Nauky o teple se bezprostředně týkají pokusy kvantifikovat subjektivní pocit

teploty a poznat, definovat a měřit vlastnosti vzduchu v jeho různých stavech - věda o teple započala svoji existenci disciplínou, již dnes nazýváme nauka o termofyzikálních vlastnostech látek. První ze zmíněných úloh se pokusil řešit **Isaac Newton** (1642 až 1727). V jeho práci "Scala graduum caloris" z roku 1701, v níž se pokusil sestavit teplotní stupnici založenou na teplotní roztažnosti oleje, se objevuje tzv. Newtonův ochlazovací zákon, který dodnes definuje součinitel přestupu tepla v nauce o tepelné konvekci. Prakticky ji vyřešili v roce 1714 **David Gabriel Fahrenheit** (1686 až 1736), r. 1720 **René Antoine Réaumur** (1686 až 1757) a r. 1742 **Andres Celsius** (1701 až 1744). Všichni tři využili teplotní roztažnosti rtuťi, poslední dva zvolili za referenční stavy bod tání vodního ledu a bod varu vody, vše při atmosférickém

tlaku, a takto vzniklou teplotní diferencí rozdělili lineárně na 80 resp. 100 dílků. Tlak vzduchu kvantifikoval výškou rtuťového sloupce **Jan Evangelista Torricelli** (1608 až 1647) a jen tak mimochodem vynalezl rtuťový barometr. Magdeburčan **Otto von Guericke** (1602 až 1688) vyrobil duté kovové těleso o objemu asi 0,05 m<sup>3</sup> a zvažil je. Pak z dutiny vyčerpал vzduch pístovou vývěvou, kterou k tomu účelu sám sestrojil, a zjistil, že nádoba váží o dva lity méně. Po otevření kohoutu kontroloval, jak váha pozvolna roste na původní hodnotu. Tímto způsobem lze definovat a měřit hustotu resp. měrný objem vzduchu. Barometrický tlak demonstroval Guericke velmi efektním způsobem.

Nechal vyrobit dvě silnostěnné duté kovové polokoule o průměru asi 1 m s měkkým těsněním mezi dosedacími plochami. Polokoule sesadil a vyčerpал z nich vzduch. Šestnácti koním se nepodařilo polokoule od sebe odtrhnout.

Přehled Guerickových pokusů je uveden na dobové rytině na obr. 2.

Roku 1662 zjistil experimentálně anglický fyzik **Robert Boyle** (1627 až 1691) a roku 1679 nezávisle na něm Francouz **Edme Mariotte** (1620 až 1684), že při konstantní teplotě zůstává součin tlaku a objemu konstantní (zákon Boyleův). Zhruba o 120 let později francouzský fyzik **Jacques Alexandre César Charles** (1746 až 1823) experimentoval se vzduchem v uzavřené nádobě konstantního objemu  $V$  a zjistil, že za této podmínky je poměr tlaků  $p_1/p_2$  mezi dvěma stavy roven

$$V = \text{konst} \dots \frac{p_1}{p_2} = \frac{t_1 + 273,15}{t_2 + 273,15} = \frac{T_1}{T_2}, \quad (1)$$

kde  $t$  (°C) značí teplotu. Charlesův žák **Josiah Louis Gay - Lussac** (1778 až

1850) zkoumal teplotní roztažnost (izobarickou změnu objemu s teplotou). Ukázka výsledků měření je znázorněna na obr. 3, jejich matematické vyjádření je zákon Gay - Lussacův

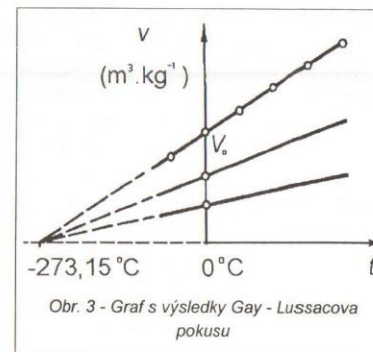
$$p = \text{konst} \dots \frac{V_1}{V_2} = \frac{t_1 + 273,15}{t_2 + 273,15} = \frac{T_1}{T_2} \quad (2)$$

Z obrázku je patrný význam aditivní konstanty ve zlomcích na pravých stranách obou rovnic jako vyjádření nuly Celsiovy stupnice termodynamickou teplotou  $T$ (K). Tu však zavedl až v polovině 19. stol. **William Thomson** (lord **Kelvin** 1824 až 1907). Spojením Boyleova zákona s Gay - Lussacovým se získá stavová rovnice vzduchu ( $m$  (kg) je hmotnost vzduchu v objemu  $V$ )

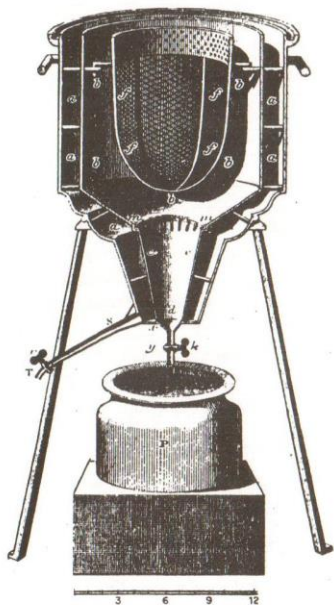
$$\frac{pV}{mT} = 287,04 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}. \quad (3)$$

(V tomto článku užíváme až na jedinou výjimku současné soustavy jednotek SI). Odvození rovnice (3) se připisuje francouzskému inženýrovi **Beniotu Paulu Emilu Clapeyronovi** (1799 až 1864).

V tomto období se vymanila chemie z alchymistických kuchyní a začala se stávat vědou. Alchymisté přilíši nerozlišovali prvky, směsi a sloučeniny.



Obr. 3 - Graf s výsledky Gay - Lussacova pokusu



Obr. 4 - Kalorimetr Lavoisierův - Laplaceův

Z plynů znali vzduch, vodní páru a zplodiny hoření, které rozlišovali hlavně podle zápachu. Jejich názor na hoření vyústil v tzv. flogistonovou teorii, již popsal roku 1697 **Georg Ernst Stahl** (asi 1660 až 1734). Flogiston měla být hmotná substance obsažená v každé hořlavé látce a z ní se vydělovala pouze při hoření nebo tavení. Roku 1766 však vyrobil **Henry Cavendish** (1731 až 1810) při máčení železných pilin ve vitriolu (tak se nazývala kyselina sírová) tzv. "hořlavý vzduch" - vodík. Roku 1772 izoloval spolu s **Danielem Rutherfordem** (1749 až 1819) dusík, roku 1774 **Joseph Priestley** (1733 až 1804) kyslík a roku 1777 publikoval **Carl Wilhelm Scheele**

(1742 až 1786) soubor prací, v nichž se lze dočíst, že vzduch je směs 78 objemových procent dusíku a 21 procent kyslíku (o zbývajícím procentu si chemici učinili představu až koncem 19. století). Byla objevena řada dalších prvků i sloučenin. Pokud byly v plynném skupenství, používala se k výpočtu jeho stavových veličin stavová rovnice typu (3), jen konstanta na pravé straně, nazývaná dnes "měrná plynová konstanta", se plyn od plynu lišila. Poznamenejme, že rovnice (3) není zcela přesná, protože Boyle, Charles i Gay - Lussac experimentovali jen v omezeném oboru teplot a tlaků. Extrapolaci její platnosti mimo obor původního měření vznikl model zvaný "ideální plyn". Zpřesňování stavové rovnice pro tzv. "reálné plyny" je dodnes jedním z hlavních úkolů nauky o termofyzikálních vlastnostech látek.

Převrat v chemii způsobily práce **Antoina Laurenta Lavoisiera** (1743, gilotinován v r. 1794). Ten popřel flogistonovou teorii, rozlišil prvky od sloučenin a zavedl do chemie kvantitativní metody měření a vážení. Rozpoznal, že při spalování síry a fosforu se spotřebovává vzduch a dospěl k převratnému závěru, že hoření je oxidace.

Spolu s **Pierrem Simonem Laplaccem** (1749 až 1827) publikoval roku 1870 monografii "Sur la chaleur", která se stala základním zdrojem informací o termochemii. Na obr. 4 je výkres kalorimetru přejatý z této publikace. Měřil se v něm "chaleur" (což bychom dnes přeložili spíše termínem "výhřevnost" než obvyklým "teplo") nějaké hořlavé látky hmotností roztaveného ledu, který byl uložen v prostorech *a* a *b*, roztavená voda stékala do jímky *d*. Lavoisier se stal

zakladatelem tzv. fluidové teorie tepla. "Chaleur" byla podle něj nehmotná a nezničitelná substance, která přestupovala z teplejšího tělesa na studenější, přičemž se měnila teplota obou. Od jiných ve fyzice tehdy oblíbených fluid se lišila latinským názvem "calorium". Jiným stoupencem fluidové teorie byl Angličan **Joseph Black** (1782 až 1799). Ten upozoroval, že schopnost jímat calorium závisí na druhu látky. Zavedl pojem tepelné kapacity jakožto podílu sděleného tepla a teplotního rozdílu. Výsledkem této přestavy je tzv. "kalorimetrická rovnice".

$$Q = mc(t_2 - t_1) \quad (4)$$

v níž značí *Q* množství sděleného tepla, *m* (kg) hmotnost, *c* (jednotka tepla . kg<sup>-1</sup> . K<sup>-1</sup>), tzv. měrná tepelná kapacita závislá především na druhu látky, výraz v závorce udává rozdíl teplot.

Jednotkou tepla byla tehdy tzv. kalorie. Z kalorimetrické rovnice, která je

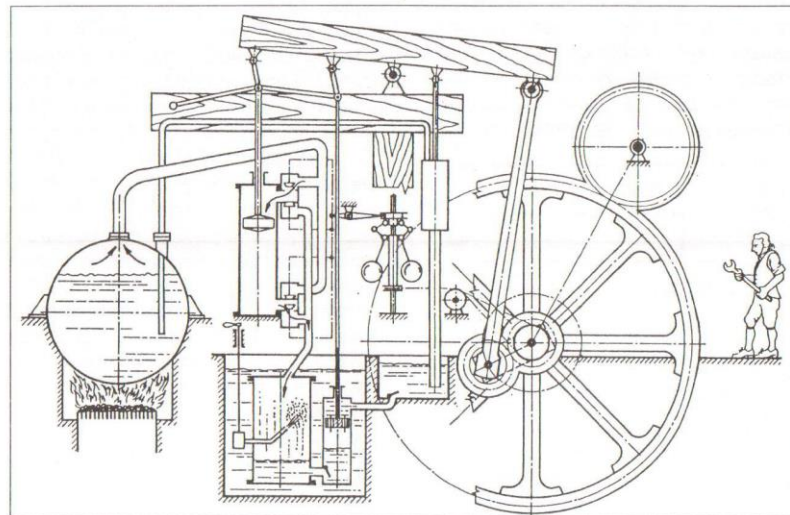
odkazem fluidového období i dnešní termodynamice, je patrné, že Black již ostře rozlišoval teplo od teploty.

Dalším Blackovým přínosem byl objev latentních tepel. Kromě toho rozpoznal tři hlavní způsoby sdílení tepla: vedením, prouděním a zářením.

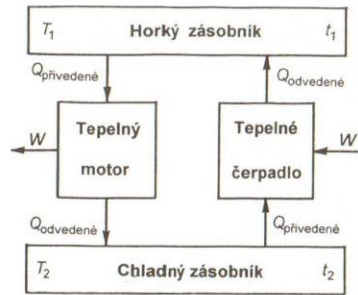
#### Fenomenologická termodynamika

Termodynamika v užším (energetickém) slova smyslu vznikla v souvislosti s pokusem kvantitativně vyjádřit vzájemnou přeměnu tepla a mechanické práce. Že taková přeměna je možná, technická praxe dokázala již dávno. Roku 1673 vynalezl a roku 1680 převedl pařížské Akademii věd holandský astronom a fyzik **Christian Huygens** (1629 až 1695) model pístového spalovacího motoru na střelný prach, jeho asistent **Denis Papin** zkonstruoval v letech 1688 až 1689 jednoduchý pístový

Obr. 5 - Wattův dvojitý parní stroj z r. 1784



parní stroj, který poháněl soustavu vodních čerpadel pro fontány. Na přelomu sedmáctého a osmnáctého století bylo vyvinuto několik konstrukcí pístových tzv. atmosférických parních motorů (pracovní zdvih vykonala pára, vrtaný zdvih po zkondenzování páry vnější atmosférický přetlak) k pohonu důlních čerpadel (**Thomas Savery**, **Thomas Newcomen**). Anglický mechanik - konstruktér matematických přístrojů **James Watt** (1736 až 1819) ve snaze zlepšit účinnost Newcomenova důlního čerpadla vynalezl a postavil v r. 1769 jednočinný a v r. 1784 dvojitý parní stroj. Schéma dvojitě varianta s odděleným parním generátorem, kondenzátorem a samočinnou otáčkovou regulací je na obr. 5. Jeho účinnost byla čtrnáásobná proti stroji Newcomenovu. Vznikající průmysl měl konečně univerzální a praktický "prime mover" využitelný v uspořádání stacionárním i mobilním, druhá etapa průmyslové revoluce mohla odstartovat. Od pradávna se vědělo, že je možný i opačný postup - transformace mechanické práce v teplo. Pračlověk dovedl vyrobít třením oheň, anglický fyzik a chemik **Benjamin Thompson** (lord **Rumford**, 1753 až

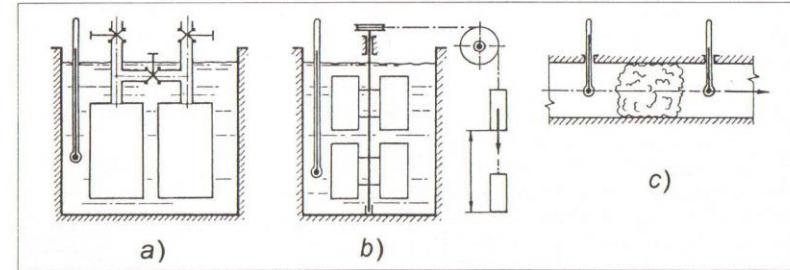


Obr. 6 - Carnotův myšlenkový model tepelného motoru a stroje (1824)

1814) naměřil při vrtání dělových hlavni pod vodou, že 1 kalorie je ekvivalentní 5,57 J (přesná hodnota 4,187 J).

Průmysl dokázal reagovat na vynález parního stroje téměř okamžitě, vědě, a to i té aplikované, to však trvalo téměř 50 let. V roce 1824 vydal francouzský důstojník a později soukromý vědec **Nicolas Léonard Sadi Carnot** (1796 až 1832) svůj významný vědecký spis "Reflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres a developer cette puissance" (Úvahy o hnacím výkonu ohně a o strojích schopných tento výkon vyvíjet), který pokládáme za první vědeckou práci z oboru technické termodynamiky. Hlavním Carnotovým přínosem je teorie ideálního tepelného motoru. Carnot, stoupenec fluidové teorie, vyšel z analogie mezi vodním a tepelným motorem. Zatímco vodní motor zpracovává rozdíl geodetických výšek hladin dvou nádrží, využívá Carnotův ideální motor rozdíl teplot mezi dvěma izotermickými zásobníky, horkým o teplotě  $t_1$  a chladným o teplotě  $t_2$ . Mezi ně je zapojen ideální motor, v němž neexistuje tření, pracovním médiem v něm je ideální plyn, v němž probíhají všechny změny za rovnovážného stavu, vratně, viz obr. 6. Definoval tepelnou účinnost jako poměr práce motorem odevzdané do okolí (která je rovna rozdílu přivedeného a odvedeného tepla) a přivedeného tepla. Nejvyšší tepelné účinnosti se dosáhne oběhem tvořeným vratnými změnami v pořadí izotermická komprese, adiabatická komprese, izotermická expanze, adiabatická expanze (tzv. Carnotův oběh.):

$$\eta_{lmax} = \frac{Q_{přivedené} - Q_{odvedené}}{Q_{přivedené}} = \frac{t_1 - t_2}{273,15 + t_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad (5)$$



Obr. 7 - Jouleovy pokusy: a) k Jouleovu zákonu, b) stanovení mechanického ekvivalentu tepla, c) Jouleův - Thomsonův pokus s tlakovou redukcí

Je vždy  $\eta_{lmax} < 1$ . Carnotem definovaný rovnovážný stav se stal na dlouho dobu modelem pro termodynamické abstrakce. Vedlejším produktem Carnotových úvah byl poznatek, že u ideálních plynů je rozdíl měrných tepelných kapacit (viz rovnice 3) vždy roven konstantě, jím stanovená hodnota tepelného ekvivalentu práce byla byla 1 kalorie = 3,63 J. Carnotovy teoretické úvahy matematicky podložil a prohloubil již zmíněný P. P. E. Clapeyron.

K rozvoji termodynamiky poskytl ve čtyřicátých letech devatenáctého století významné podněty svými důvtipně a přesně provedenými pokusy soukromý vědec, jinak majitel pivovaru, **James Prescott Joule** (1818 až 1889). Některé z nich jsou schematicky znázorněny na obr. 7. V části a) obrázku je schéma pokusu z r. 1844. V izolovaném kalorimetru jsou ponořeny dvě zpočátku oddělené baňky A a B. První z nich byla naplněna vzduchem o tlaku  $p_{A1}$  a o teplotě  $t_{A1}$ , v baňce B byl vyčerpáním vzduchu vytvořen velmi nízký tlak  $p_{B1} \ll p_{A1}$ . Po ustálení teploty systému, což se kontrolovalo teploměrem kalorimetrické lázně T, byl otevřen spojovací kohout K mezi oběma baňkami. Celkový objem vyplněný vzduchem se nezměnil, tlak

vzduchu se vyrovnal na  $p_{A+B}$ , pro který platí  $p_{A1} > p_{A+B} > p_{B1}$ . Současně se změnila hustota vzduchu na  $p_{A+B}$ , avšak teploměr T nevykázal žádnou výchytku. Tento poznatek byl později vyjádřen postulátem, že tzv. vnitřní energie ideálního plynu závisí pouze na teplotě (zákon Jouleův). Část b) obrázku 7 je schématem Jouleova zařízení k měření mechanického ekvivalentu tepla. Joule dospěl k velmi přesné hodnotě 1 kalorie = 4,22 J (proto byla později, když se uznalo, že je zbytečné konzervovat pro teplo zvláštní jednotku, zavedena pro teplo i práci společná jednotka pojmenovaná na Jouleovu počest, "joule"). Na obr. 7c) je schéma tzv. Jouleova - Thomsonova pokusu. Na doporučení zde již zmíněného W. Thomsona (lorda Kelvina) provedl Joule měření v potrubí protékáním vzduchem s vloženým lokálním hydraulickým odporem (zátka vany). Vlivem hydraulického odporu zátka tlak poklesl, zatímco teplota klesla pouze nepatrně. Vznikl disipativní děj (tlaková redukce, škrcení), který byl po sto let v učebnicích termodynamiky vzorovým příkladem nevratného procesu. Lze odvodit, že v ideálním plynu při zanedbání kinetických energií zůstává při škrcení teplota

konstantní. Naměřený pokles teploty je projevem nedokonalosti plynu, nazývá se Jouleův - Thomsonův efekt.

V roce 1842 formuloval lékař **Robert Mayer** (1814 až 1878) obecný princip zachování energie, v němž se praví, že v izolované soustavě (jejíž hranice je nepropustná pro hmotu a energii) je stále totéž množství energie, která však může nabývat různých forem. Jako axiom se přijímá, že tento princip platí pro všechny formy energie ve veškerém materiálním světě (pod pojmem "energie" se rozumí - poněkud zjednodušeně řečeno - schopnost konat práci). Je zajímavé, že k tomuto převratnému objevu přivedl Mayera postřeh, že v tropech má lidská žilní krev téměř tak jasnou barvu, jako krev tepenná. Začal se pak zajímat o oxidaci, chemii, mechaniku, nauku o teple a přispěl i k prohloubení několika speciálních poznatků z termodynamiky.

To, co Carnot jen tušil a Mayer vyjádřil v přílišné obecnosti, se pokusil v roce 1847 vyjádřit fyzikálně korektně německý fyzik **Hermann von Helmholtz** (1821 až 1894). Problém transformací energie v uzavřené termodynamické soustavě (s hranicí neprostupnou pro hmotu, avšak prostupnou pro energii) studoval **Rudolf Julius Emanuel Clausius** (1822 až 1888) profesor ETH v Curychu a později na univerzitách ve Würzburgu a v Bonnu. Principu zachování energie vtiskl roku 1850 tvar tzv. první hlavní věty termodynamické. Hmotu soustavy váže na sebe vnitřní energii  $U$  (J) (poznali jsme ji v souvislosti s prvním Jouleovým pokusem, její fyzikální podstatu vysvětluje kinetická teorie, jak poznáváme v následující stati). Tu lze měnit teplem  $Q$  (J) a prací  $W$  (J), což jsou formy energie prostupující hranici soustavy a jsou závislé na druhu změny, která v soustavě probíhá. Pokládáme-li

teplo vstupující z okolí do soustavy a práci předávanou soustavou do okolí za kladné, lze rovnovážnou změnu vnitřní energie mezi počátečním stavem 1 a konečným stavem 2 popsat bilanční rovnicí

$$U_2 - U_1 = Q - W, \quad dU = \delta Q - \delta W, \\ \delta W = p \, dV. \quad (6)$$

Zde značí  $p$  (Pa) tlak,  $V$  ( $m^3$ ) objem,  $d$  symbol úplného a  $\delta$  neúplného diferenciálu. Zkušenost však ukázala, že existují procesy, které rovnice (6) sice kvantitativně popisuje, avšak ve skutečné přírodě nemohou nastat, mají možnost probíhat v jednom směru, nikoliv však týmiž mezistavy ve směru opačném - jsou nevratné. Jejich výčet představuje různé formulace tzv. druhé hlavní věty termodynamické. Např. jednosměrnost toku tepelné energie vyjádřil Clausius již v roce 1850. Zde uvedeme jeho přesnější formulaci druhé hlavní věty termodynamické z roku 1854:

*"Teplu nemůže samovolně přecházet z tělesa o nižší teplotě na těleso o teplotě vyšší"*

(důležité je slovo "samovolně", tj. při tzv. "přirozeném procesu"; dá se to však uskutečnit s vynaložením mechanické práce, např. chladičím strojem podle schématu na obr. 6b).

Jiná formulace druhé věty termodynamické pochází od W. Thomsona (Kelvina) z r. 1851:

*"Není možné neživým materiálním působením konat mechanickou práci tím, že bychom ochlazovali nějakou hmotnou soustavu pod teplotu nejchladnějšího místa okolí"*.

Totéž formuloval jasněji **Max Planck** (1858 až 1947, Nobelova cena 1918) roku 1897:

*"Není možné zkonstruovat periodicky pracující stroj, který by nekonal nic jiného, než že by zvedal břemeno a ochlazoval zásobník tepla"*.

**Wilhelm Ostwald** (1853 až 1932) nazval takový hypotetický stroj "perpetuum mobile druhého řádu". Připojme ještě Planckovu doplňující poznámku:

*"Všechny procesy, v nichž vystupuje tření, jsou nevratné"*.

**Constantin Carathéodory** (1873 až 1950) formuloval druhou větu termodynamickou z hlediska dosažitelnosti konečných stavů vratnými či nevratnými procesy. Uvedme ji zde v Baehrově úpravě pro procesy adiabatické:

*"Uzavřený adiabatický systém vycházející z daného počátečního stavu nemůže dosáhnout libovolného stavu konečného. Nedosažitelné jsou stavy, které mají nižší vnitřní energii, než stavy s týmž objemem, jichž bylo dosaženo při procesu vratném"*.

R. Clausius si byl vědom toho, že všechny tyto verbální formulace druhé hlavní věty termodynamické, vyžadují doplnění jednotnou formulací matematickou. Dosáhl toho roku 1865 tím, že zavedl novou stavovou veličinu  $S$  (J.K<sup>-1</sup>), již nazval entropie ( $\tau\rho\rho\epsilon\iota\nu$  = udávat směr). Její definice v diferenciální formě je

$$dS = \frac{dU + p dV}{T} \quad (7)$$

Entropie  $S$  je aditivní,  $dS$  je úplným diferenciálem, entropie je tedy stavovou veličinou. Z rovnic (7) a (6) plyne, že v adiabatickém systému ( $dQ = 0$ ) je v rovnovážném stavu (při změně vratné)  $dS = 0$ , změna při  $dS < 0$  je podle

Carathéodoryho věty nemožná, při nevratné adiabatické změně pak musí být  $dS > 0$ . Druhá hlavní věta termodynamická platná v jakémkoliv obecné změně se obvykle vyjadřuje tzv. Clausiovou nerovností, již zde uvedeme v integrální formě pro oběh a v diferenciální formě pro elementární stavovou změnu:

$$\int_{(\text{oběh})} \frac{\delta Q}{T} \leq 0, \quad dS \geq \frac{\delta Q}{T}. \quad (8)$$

Rovnitko platí pro změnu nebo oběh vratný, nerovnitko pro nevratný. Technickým aplikacím je bližší formulace s "produkcí" entropie zavedená L. Onsagerem:

$$dS = \left( \frac{\delta Q}{T_{\text{okolí}}} \right)_{\text{vrat}} + dS_{\text{prod}} \quad (9)$$

přičemž produkce entropie je u vratných změn nulová.

Zákony termodynamiky prohloubil a rozšířil na směsi, roztoky a sloučeniny při chemických reakcích **Josiah Willard Gibbs** (1839 až 1903), profesor matematické fyziky na Yaleské univerzitě, a stal se tak zakladatelem fyzikální chemie. Vedle tzv. kalorických stavových veličin vnitřní energie a entropie, které byly zavedeny první a druhou větou termodynamickou, se ve fyzice, fyzikální chemii i technické termodynamice uplatňují další tzv. termodynamické potenciály,

$$\text{entalpie } I = U + pV,$$

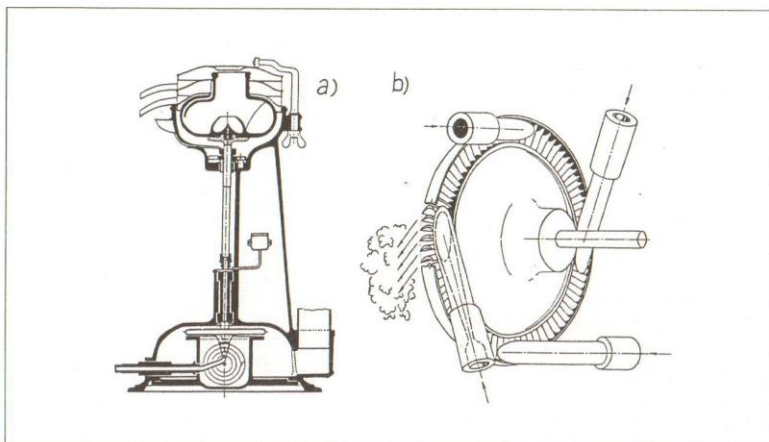
volná energie neboli Helmholtzova funkce ...  $H = U - TS$ ,

volná entalpie neboli Gibbsova funkce ...  $G = I - TS$ .

Vztahy mezi nimi jsou užitečným prostředkem v teoretických úvahách ve fyzice, fyzikální chemii, energetice i ve strojním a materiálovém inženýrství.

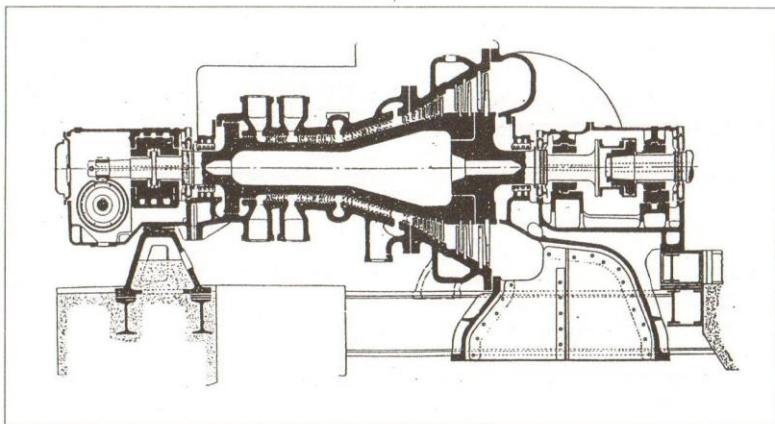
Doplňkem probraných dvou hlavních vět termodynamiky, který potřebovala





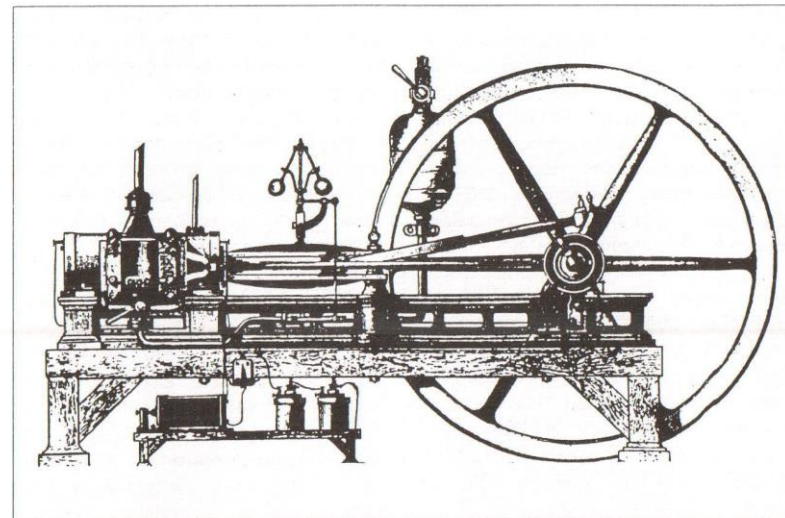
Obr. 8 - Lavalova parní turbína: a) původní provedení k pohoru odstředivky, b) schéma pozdějšího provedení s Lavalovými tryskami

fyzikální chemie k vyjádření některých dosud nezjištěných konstant, se stala třetí hlavní věta termodynamiky z roku 1906, jejímiž autory jsou **Walther Herman Nernst** (1864 až 1941),



Nobelova cena 1920) a již zde uvedený Max Planck; strojařům je tato věta známa hlavně jako věta o nedosažitelnosti absolutní nuly termodynamické teploty.

Obr. 9 - Přetlaková turbína systému Parsons (nikoliv ta původní z r. 1884, ale pozdější provedení o výkonu 15 MW)



Obr. 10 - Lenoirův spalovací motor z r. 1860

Jak již bylo řečeno, současně s rozvojem termodynamiky probíhal vývoj příbuzných skutečně dynamických oborů, z nichž strojnímu inženýrovi jsou nejbližší nauka o sdílení tepla a dynamika plynů. Podrobnější přehled jejich historie přesahuje možnosti tohoto článku. Uvedmě jen, že zakladatelem nauky o vedení tepla je **Jean Baptiste Joseph Fourier** (1768 až 1830) svým spisem "Théorie analytique de la chaleur" vydaným v roce 1822. Rozvoj nauky o sdílení tepla zářením je spojen se jmény **Johann Heinrich Lambert** (1728 až 1777), **Gustav Robert Kirchhoff** (1824 až 1887), **Josef Stefan** (1835 až 1893), **Ludwig Boltzmann** (1844 až 1906) a již uvedený Max Planck. Z významných vědců, kteří se zasloužili o rozvoj nauky o tepelné konvekci, uvedme alespoň **Wilhelma Nusselta** (1882 až 1957), dále sem patří mnozí vědci z oboru

aplikované mechaniky tekutin. Za zakladatele dynamiky plynů pokládáme fyzika a filozofa **Ernsta Macha** (1938 až 1916). Historie těchto oborů zaslouží samostatná pojednání.

Tím byl vývoj rovnovážné fenomenologické termodynamiky v hlavních rysech ukončen a ta mohla začít splácet svůj dluh strojnímu inženýrství. V roce 1876 zkonstruoval švédský inženýr **Gustaf Patrik de Laval** (1845 až 1913) první rovnotlakou parní turbínu (obr. 8). Během jejího vývoje použil konvergentně divergentní trysku, která se nyní nazývá tryska Lavalova a jež se stala jádrem, kolem něhož se začala vytvářet dynamika plynů. V roce 1884 postavil Angličan **Charles Algernon Parsons** (1854 až 1931) první parní turbínu přetlakovou (obr. 9). Francouz **Etienne Lenoir** (1822 až 1900) zkonstruoval

kolem roku 1860 motor s vnitřním spalováním plynného paliva, křížákovým klikovým mechanismem a šoupátkovým rozvodem (obr. 10). Němci **Nikolaus August Otto** (1832 až 1891) a **Gottlieb Daimler** (1834 až 1900) vyvinuli čtyřdobý zážehový spalovací motor vznětový. Skot **John Macquorn Rankine** (1820 až 1872), jež pokládáme za zakladatele technické aerodynamiky, sestavil spolu s B. P. E. Clapeyronem oběh kondenzační pami turbíny s přehříváním. Teorii složitějších oběhů parních turbin a termodynamiku moderně pojatých jejich prvků propracoval Slovák **Aurel Stodola** (1859 až 1942), profesor ETH v Curychu. Z autorů výpočtových podkladů pro aplikovanou termodynamiku vodní páry a vlhkého vzduchu uveďme Němce **Richarda Molliera** (1863 až 1935), pokud se týče vodní páry Rusa **M. P. Vukaloviče**, z našich termodynamiků pak profesora ČVUT v Praze **Ladislava Miškovského** (1893 až 1953) a **Jana Júzu** (1905 až 1991), profesora VŠT v Plzni.

#### Částicové pojetí termodynamiky

Paralelně s fenomenologickou termodynamikou se vyvíjela i její větev založená na představě o částicové struktuře hmoty; podle využívaného fyzikálního a matematického aparátu pak dostávala i různé pojmenování.

Pomineme hypotézy starověkých filozofů - atomistů a historický přehled zahájíme až v době vzniku chemie. Nepřímý důkaz o existenci částicové struktury sloučenin poskytl zákon o zachování hmotnosti, za jehož autora bývá pokládán **Michail Vasilevič Lomonosov** (1711 až 1765) nebo již zmíněný A. V. Lavoisier, zákon stálých poměrů a násobných poměrů

hmotnostních, jejichž autorem je **John Dalton** (1766 až 1844) (ten obohatil i fenomenologickou termodynamiku a tzv. Daltonův zákon, který praví, že tlak směsi ideálních plynů je součtem parciálních tlaků jejich složek při daném objemu  $V$  a dané teplotě  $T$ ; stal se tak zakladatelem termodynamiky směsí), a konečně Gay Lussacův zákon o slučovacích poměrech plynů.

Přímým důkazem bylo pozorování neuspořádaného pohybu malých částic a hladině makroskopicky nehybné kapaliny, které popsal roku 1837 botanik **Rober Brown** (1773 až 1858). Převratným poznatkem byl Avogadrův zákon, jež publikoval jeho autor **Amadeo Avogadro** (1776 až 1856) již v roce 1811. Podle něj je za téhož tlaku a teploty ve stejných objemech stejný počet molekul. Chemie však vzala tento zákon na vědomí až kolem roku 1860. Tento zákon vedl k zavedení jednotky látkového množství - molu, v technické termodynamice spíše kilomolu. Roku 1865 **Johann Joseph Loschmidt** (1821 až 1895) stanovil počet molekulu v jednom kilomolu

$$N_A = 6022 \cdot 10^{26} \text{ kmol}^{-1}. \quad (10)$$

Na počest neprávem zapomenutého Avogadra se tato důležitá fyzikální konstanta nazývá Avogadrovo číslo. I tyto vstupní poznatky o částicové struktuře hmoty měly významný praktický dopad v makroskopické termodynamice. Spojíme-li např. stavovou rovnici ideálního plynu (např. pro vzduch rovnice 3) s Avogadrovým zákonem a napíšeme-li ji pro 1 kilomol, dostaneme univerzální stavovou rovnici ideálního plynu

$$pV_m = RT, \quad R = 83144,41 \text{ J.kmol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \quad (11)$$

Zde značí  $V_m$  ( $\text{m}^3 \cdot \text{kmol}^{-1}$ ) kilomolový objem,  $R$  je univerzální plynová konstanta stejná pro všechny plyny. Na základě představy o částicové struktuře hmoty navrhl **Johanes Van der Waals** (1837 až 1923, Nobelova cena 1910) roku 1873 termickou stavovou rovnici

$$\left(p + \frac{a}{V_m^2}\right) \cdot (V_m - b) = RT, \quad (12)$$

( $a$  a  $b$  jsou empirické konstanty závislé na druhu plynu), která umožnila vysvětlit mnohé vlastnosti reálných plynů a přinejmenším kvalitativně objasnit některé otázky fázového přechodu z kapalného skupenství do plynného.

Van der Waalsova rovnice se stala kostrou pro mnohé poloempirické stavové rovnice reálných látek. Částicová struktura je základním schématem kinetické teorie plynů, která umožnila vysvětlit fyzikální podstatu makroskopických veličin užívaných ve fenomenologické termodynamice. Pokus o částicové chápání Boyleova zákona najdeme už ve spise **Hydrodynamica** z r. 1738 **Daniela Bernoulliho** (1700 až 1782), roku 1856 **August Karl Krönig** (1822 až 1879) a přesněji v r. 1857 R. J. E. Clausius vysvětlil např. tlak jako účinek rázů molekul na stěnu a hlavně vnitřní energii jako střední kinetickou energii pohybu molekul. Např. pro 1 kilomol (index  $m$ ) jednoatomového plynu s kulovými dokonale pružnými molekulami, které se navzájem neovlivňují, platí

$$U_m = E_{\text{kin } m} = \sum_{j=1}^{N_A} \frac{1}{2} m_j c_j^2 = \frac{1}{2} M m C^2 = \frac{3}{2} RT = \text{konst. } T \quad (13)$$

( $m_j$  (kg) značí hmotnost molekuly a  $c_j$  ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) její okamžitou rychlost,  $M_m$  ( $\text{kg} \cdot \text{kmol}^{-1}$ ) kilomolovou hmotnost a

$C = \sqrt{3RTM_m^{-1}}$  ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) tzv. střední kvadratickou rychlost molekul). Zobecnění rovnice (13) můžeme pokládat za definici vnitřní energie, její předpoklady za kinetickou definici ideálního plynu a výsledek za potvrzení již uvedeného Jouleova zákona. **James Clerk Maxwell** (1831 až 1879) zavedl do kinetické teorie matematickou statistiku svými předpoklady o rozložení rychlosti molekul, respektoval konečnou velikost molekul, respektoval možnost jejich srážek a zavedl pojem střední volné dráhy molekul. Pomocí těchto pojmů pak vyjádřil např. vizenost tekutin a tepelnou vodivost látek. Převrat v termodynamice znamenal pravděpodobnostní pohled na entropii rakouského fyzika **Ludwiga Eduarda Boltzmann** (1844 až 1906). Podle principu, který vyslovil v roce 1877, lze vyjádřit rozdíl entropií soustavy mezi stavem konečným (bez indexu) a stavem výchozím (index 0), v němž je pravděpodobnost jejího stavu  $P_0$ , vztahem

$$S - S_0 = k \ln \frac{P}{P_0}, \quad k = \frac{R}{N_A} = 1,380662 \cdot 10^{-23} \text{ J.K}^{-1}, \quad (14)$$

$k$  je tzv. Boltzmannova konstanta. Podle rovnice (14) je nejpravděpodobnějším stav soustavy stav s největší entropií, tj. stav, kde disipace energie dosáhla maximální hodnoty. Soustava se nachází ve stavu maximální neuspořádanosti, ve stavu termo- dynamické rovnováhy. Clausius a zejména Helmholtz odsud vyvodili kosmologický závěr o tepelné smrti vesmíru. Bouřlivá reakce a diskuse, již tím vyvolali, nedozněla do dneška. My však zakončíme tuto stať konstatováním, že kinetická teorie hmoty vybudovaná na zákonech matematické statistiky a po vstřebání některých výsledků kvantové teorie se stala významným a reaktivně

samostatným odvětvím teoretické fyziky, které se dnes nazývá statistická termodynamika. Hluběji se o ní poučíme např. v Kvasnicově monografii [15].

### Termodynamika nevratných procesů

Vratné procesy, které probíhají za rovnovážného a nedisipativního stavu, jsou pouze teoretickou idealizací, v reálném světě neexistují. Vyspělá fyzika se musela s touto skutečností vyrovnat a technická termodynamika se musela naučit kvantitativně řešit úlohy o nevratných procesech probíhajících v technických dílech a zařízeních. Termodynamika dvacátého století je poznamenána hlavně touto problematikou.

Nejdříve začal tento problém trápit strojní inženýry. Účinný přístup k jeho řešení našli v empirii. Termodynamický problém řešili nejprve teoreticky jako rovnovážný a výsledek pak korigovali empirickými nebo poloempirickými koeficienty nebo aditivními členy. Příkladem mohou být různě definované účinnosti procesů a oběhů. Ty lze stanovit v návrhovém stadiu výpočtem z nevratných změn. K tomu je třeba využít výsledků hydrodynamiky, dynamiky plynů, zákonů sdílení tepla - zkrátka oborů věnovaných nevratným procesům. Samozřejmě, že se proměňují i na provedených strojích a tak se shromažďují empirické podklady pro další vývoj.

V roce 1953 zveřejnil chorvatský termodynamik **Zoran Rant** novou metodu řešení nevratných procesů formálně odlišnou od Clausiova - Kelvinova pojetí. Ve snaze odstranit poněkud abstraktní zákony týkající se entropie, zavedl nový pojem kvality

energie. Z tohoto hlediska roztřídil energii do tří skupin:

1. energii, již lze libovolně přeměňovat v jiné formy, jako je kinetická energie hmoty, její potenciální energie, elektrická energie; tuto kvalitu nazval exergie.
2. energii, kterou nelze v dané soustavě přeměnit v jinou formu, nazval anergie. Příkladem může být vnitřní energie okolí soustavy.
3. energii, již lze transformovat i při vratných změnách v jiné formy jen částečně, lze pokládat za součet exergie a anergie; příkladem může být vnitřní energie soustavy.

Hlavní termodynamické věty nahradil těmito pravidly:

1. V izolované soustavě je součet exergie a anergie konstantní.
2. Při vratných změnách zůstává exergie konstantní.
3. V nevratných změnách se exergie mění v energii.
4. Anergii nelze přeměnit v exergii.

Exergetické pojetí termodynamiky nevratných procesů propagoval ve svých vynikajících učebnicích Rantův krajan **Fr. Bošnjaković** a rozšířil její použití i k řešení chemických reakcí. Exergetické pojetí najdeme jako alternativu i ve zde citované Baehrově knize [2] i v jiných německých a ruských učebnicích. U nás se ujalo v některých energetických institucích.

Ve fyzikální chemii a v chemické technologii nevyhovovala metoda opravných součinitelů, již si vypomohla termodynamika strojařská, proto se ujali už v první polovině dvacátého století iniciativy fyzikální chemikové k vytvoření disciplíny, která má shodný název s

názvem této stati, jinak se nazývá též termodynamika nerovnovážných dějů, transportních dějů nebo krátce termodynamika onsagerovská. Zahrnuje v podstatě nestacionární a disipativní mechaniku tekutin, sdílení tepla, difúzi a termodifúzi, teorii elektrochemických procesů, kinetiku chemických reakcí apod. Norský fyzikální chemik **Lars Onsager** (1903 až 1976, Nobelova cena 1968) převedl dynamické rovnice všech těchto procesů na společný tvar

$$J_i = \sum_{k=1}^n L_{ik} X_k, i=1, 2, \dots, n, \quad (15)$$

kde  $J$  značí zobecnělé toky (tepelné, hmotnostní, ...),  $X_i$  tzv. zobecnělé síly obsahující gradienty teploty, koncentrace atd.  $L_{ik}$  jsou fenomenologické koeficienty, které lze stanovit experimentálně, kinetickým modelem apod.

Pokud sledujeme jediný nevratný proces ( $i = k$ ), mluvíme o vlastním koeficientu (tepelná vodivost, součinitel difúze, viskozita), pokud probíhá několik nevratných procesů současně,  $i \neq k$ ,  $L_{i,k}$  se nazývá koeficient interferenční (např. koeficient termodifúze). Právě pro takové koeficienty vyslovil v roce 1931 Onsager svůj reciproční vztah, který zahrnuje vedle respektování druhé věty termodynamické i empirické poznatky:

$$L_{jk} = L_{ki}. \quad (16)$$

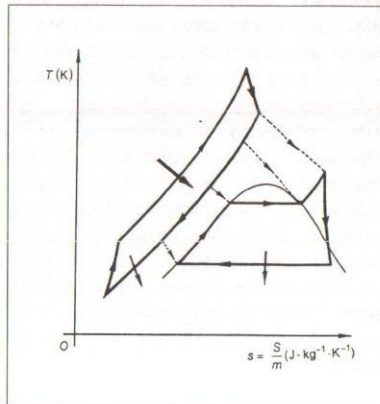
Praktické využití rovnice (16) dnes najdeme hlavně v hraničních oborech mezi strojnictvím, chemií, elektro-technikou apod. Dodejme, že tím adoptovala termodynamika všechny příbuzné nerovnovážné děje.

Onsagerovy vztahy platí však pouze v oblasti lineární nevratné termodynamiky, kdy  $L_{i,k}$  jsou nezávislé na  $X_k$ , tj. v blízkosti

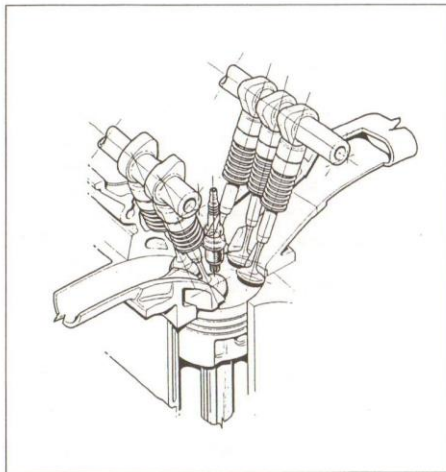
stavu rovnovážného. Do oblasti nelineárních nevratných procesů hodně vzdálených od rovnovážného stavu zasáhla v druhé polovině dvacátého století bruselská škola termodynamiky, jejímž čelním představitelem je opět fyzikální chemik a dnes již také filozof **Ilya Prigogine** (nar. 1917, Nobelova cena 1977) a jeho spolupracovník a spouautor knihy [10] **P. Glansdorff**. Prigogine doplnil lineární termodynamiku o princip minimální produkce entropie (nazývaný jeho jménem) platný v otevřených nerovnovážných systémech:

*"Produkce entropie nabývá minimální hodnoty ve stacionárním stavu..."*

Podle Prigogina je mírou vzdálenosti od rovnovážného stavu produkce entropie. Ve velké vzdálenosti od něj však nelze zaručit jeho stabilitu. Prigogine studuje historii vývoje jednotlivých fluktuací a za kritérium jejich stability pokládá nadprodukcí entropie. Stav systému je stabilní, pokud je nadprodukce kladná, v opačném případě připouští nestabilitu. V tomto případě se mohou některé fluktuace zesilovat a



Obr. 12 - Schéma paroplynového oběhu



Obr. 13 - Uspořádání ventilů v hlavě novodobého automobilového zážehového spalovacího motoru (Audi 3)

vytvářet nová uspořádání. Podrobnější informace o takto pojaté nerovnovážné termodynamice viz např. [6].

Tyto názory našly širokou publicitu v četných netermodynamických i mimo-fyzikálních oborech. Už druhá věta termodynamická díky své schopnosti popsat jednosměrnost vývoje soustavy a s ní spojená entropie, jež získala díky Boltzmannovi pravděpodobnostní význam, posloužily v kybernetice, teorii informace, teorii chaosu. Zvláště jednosměrné plynutí času lákalo k využití analogie s termodynamikou. Prigoginova teorie o možnosti nestability vývoje fluktuací našla odezvu v evoluční postdarwinovské biologii, která pokládá vývoj života za nerovnovážný a tudíž nevratný stochastický děj. J. Doskočil píše v [5]:

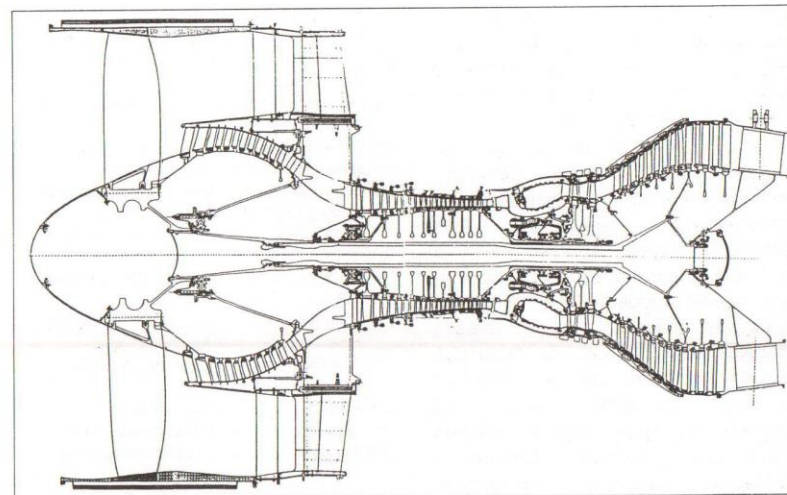
"... Kdybychom měli možnost čas posunout o  $4 \cdot 10^9$  let (nazpět), dospěli bychom ke zcela jiné biosféře, než máme nyní".

Avšak stop! V těchto dnech visí ve vestibulu strojní fakulty ČVUT v Praze plakáty zvoucí na cyklus přednášek na téma "Záhady vzniku života" s podtitulem "Evoluce nebo stvoření?". My, strojaři, nejsme odborníky ani na jedno, ani na druhé. Podobně se ocitáme na tenkém ledu v kosmologických třeba i prigogineovskou argumentací podepřených úvahách o tom, co se děje v období mezi velkým třeskem a velkým krachem. Proto se raději vracíme k našemu historickému

tématu a zopakujeme si chronologii rozvoje termodynamiky na časové přímce, obr. 11. (Obr. 11 - Časová přímka vývoje termodynamiky, najdete na stranách 30, 31).

#### Současná strojařská termodynamika

Nelze popřít, že teoretici strojnícky orientovaných věd ztratili v polovině dvacátého století iniciativu v prohlubování termodynamiky. Důvodem je zaneprázdnění bouřlivým rozvojem mnoha aplikačních směrů. Pohledme jen na rozvoj některých odvětví strojnictví. Zdokonalovaly se oběhy již existujících tepelných motorů a strojů. Jako příklad uvedme různé způsoby regenerace, oběhy parních turbin na sytou páru a naopak oběhy s parou v nadkritickém stavu, paroplynové oběhy (obr. 12), nové směry v ovlivňování spalovacího procesu a aerodynamiky v pístových spalovacích motorech (obr. 13; vždyť např. spotřeba automobilového motoru klesla za poslední čtvrtstoletí na polovinu),



Obr. 14 - Současný dvouproudový motor k pohonu velkých dopravních letadel Pratt Whitney 4084. Dnešní pohonné jednotky takového uspořádání dosahují tahu okolo 400 kN

konstrukce spalovacích motorů, které mají možnost spalovat různá paliva a kompresorů, které mají možnost stlačovat různá média. Nepřeberné množství problémů v termodynamice, nauce o sdílení tepla, dynamice plynů přineslo využívání jaderné energie, rozvoj leteckví a kosmonautiky, ale i kybernetika, rozvoj tepelných technologií, vznik vědecky podloženého materiálového inženýrství. Uvedme jen několik jmen v populárních oborech. **Jakob Ackeret** (1898 až 1981) vedle významných přínosů v dynamice plynů je autorem oběhů plynových turbin v stacionárním uspořádání, **Sir Frank Whittle** (1907 až 1996) na jedné straně barikády a Němec **Hans Pabst von Ohain** na straně druhé se zasloužili během druhé světové války o zavedení proudové propulze do letecké praxe, k jakým konstrukcím jejich práce dospěla za 50 let, ukazuje obr. 14.

Rozvoj vrcholné raketové techniky se spojuje se jmény **Wernher von Braun** (1912 až 1977) a **Sergej Pavlovič Koroljov** (1907 až 1966) atd.

Zbývá posoudit, jak zacházejí s vědním oborem zvaným "termodynamika" a o němž jsme se snažili ukázat, že je skutečně rámcovou teorií, její techničtí uživatelé. Chemici zařadili termodynamiku do širší disciplíny - fyzikální chemie, zatímco ty adoptované obory seskupili do disciplíny zvané např. "přenosové děje". Strojní inženýři většinou chápou termodynamiku jako důležitou samostatnou disciplínu již kladou na stejnou úroveň jako mechaniku nebo nauku o pružnosti a pevnosti. Existují však střední i vysoké školy, které termodynamiku rozpustily do teoretických partií specializovaných oborů, jako je energetika, konstrukce tepelných strojů apod. To nejen že

odporuje novodobému názoru na onu šířeji pojatou termodynamiku jakožto rámcovou teorii, ale buduje i zbytečné bariéry mezi termodynamikami podrobenými aplikačním oborům.

Závažnou skutečností je, že jen málokteré naše současné strojařsky orientované učebnice či monografie o termodynamice reagují na vývoj posledních zhruba šedesáti let, a nezahnují do probírané látky obohacení, která přináší moderní termodynamika nevratných procesů. Vždyť lineární onsagerovské pojetí už do technické praxe dávno proniklo a jednou z inspirací pro Prigoginovu stabilní hypotézu byl Bénardův jev, který popisuje přechod vedení tepla v tekutině v konvekci v pravidelných trubcovitých strukturách. Co je bližšího technickým aplikacím?

*Autoři vděčí mnohým odborníkům z termodynamiky za faktografické a literární údaje i zajímavosti. Jmenovitě děkují pánům Ing. Pavlu Šafaříkovi, CSc. a Ing. Vladimíru Kůlovi, CSc., protože při vážných i žertovných "hádáních" s nimi vznikl záměr komentovanou historickou kostru termodynamiky zpracovat do formy takového článku.*

#### Literatura

Pro přílišný rozsah je prakticky nemožné uvést seznam použité literatury. Proto odkážeme na sborník (12), v němž je uvedena rozsáhlá bibliografie a zde uvedeme jen prameny nejdůležitější, hlavně ty, na něž jsou v článku konkrétní odkazy.

- [1] Ambrož J. a kol.: Pamí turbíny I. a II. díl. SNTL, Praha 1955 a 1956.
- [2] Baehr H. D.: Thermodynamik. Springer-Verlag, Berlin, 1966
- [3] Bošnjaković F.: Technische Thermodynamik I. a II. díl. Steinkopff, Dresden, 1972.
- [4] Coveney P., Highfield R.: Šíp času. Oldag, Ostrava, 1995.
- [5] Doskočil J.: Evoluční biologie. Karolinum, Praha, 1944.

- [6] Dvořák D., Maršík F., Andrej L.: Biodynamika. Academia, Praha, 1982.
- [7] Enekl V.: Termomechanika. Ediční středisko VUT, Brno, 1966.
- [8] Felber V., Hýbl J.: Teplo. Technický průvodce 2. ČMT, Praha, 1927.
- [9] Folta J., Nový L.: Dějiny přírodních věd v datech. Mladá fronta, Praha, 1979.
- [10] Glansdorff P., Prigogine I.: Thermodynamic Theory of Structure, Stability and Fluctuations. Willey-Interscience, London, 1971.
- [11] Horák Z., Krupka F.: Fyzika. SNTL, Praha, 1981.
- [12] Cheng K.C.: Essays on the History of Heat, Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics. University of Alberta, Canada, 1994.
- [13] Kalčík J., Sýkora K.: Technická termotechnika. Academia, Praha, 1973.
- [14] Kocáb J., Adamec J.: Letadlové pohonné jednotky. NADAS, Praha, 1990.
- [15] Kvasnica J.: Statistická fyzika. Academia, Praha, 1983.
- [16] Kvasnica J.: Termodynamika. SNTL, Praha, 1965.
- [17] Maštovský O.: Nauka o teple. Spasei, Praha, 1949.
- [18] Moore W. J.: Fyzikální chemie. SNTL, Praha, 1981.
- [19] Paturi F. R.: Kronika techniky. Fortuna Print, Praha, 1993.
- [20] Prigogine I., Stengersová I.: Nová aliance. Pokroky matematiky a fyziky, 1984, č. 4 a 5.
- [21] Sonntag R.E., Van Wylen G.J.: Introduction to Thermodynamics Classical and Statistical. John Wiley & Sons, New York, 1971.
- [22] Středa I., Sazima M., Doubrava J.: Termomechanika. Ediční středisko ČVUT, Praha, 1992.
- [23] Šťastný M., Sodeberg O.: Hundred Years of the Steam Turbine and the Pioneer Work of De Laval, Parsons and Stodola. Sborník VIII. konference Turbines of Large Output, Karlovy Vary, 1984.
- [24] Šťastný M.: Paroplynová zařízení pro elektrárny a teplárny. Vydavatelství ČVUT, Praha, 1993.
- [25] Von Laue M.: Dějiny fyziky. Orbis, Praha, 1959.

Firemní literatura

#### Druhá evropská konference

## TURBOSTROJE - DYNAMIKA TEKUTIN A TERMODYNAMIKA

5.-7. březen 1997, Antverpy, Belgie

#### Vznik a organizace evropské konference

V r.1993 byl ustaven Evropský výbor, který za podpory Evropské Unie uspořádal první konferenci s výše uvedenou tematikou v r. 1995 v Erlangenu v Německu. Evropský výbor si vytkl za cíl vytvořit konferenci evropského formátu se zaměřením na základní problematiku přeměny energie v turbostrojích, nahradit některé národní konference a vytvořit v dané problematice evropskou protiváhu k americké konferenci ASME. Jednacím jazykem evropské konference je angličtina. Prvním předsedou výboru byl zvolen Prof. G. Dibelius z Aachen (D) a Českou republiku v něm od počátku jeho činnosti zastupuje autor článku.

Evropský výbor má v současné době 18 členů, kteří reprezentují 13 států (A, B, CZ, D, F, GR, CH, I, NL, P, S, UK a nově SK). Oficiálními pořadateli je 10 inženýrských společností z evropských zemí a mezi nimi od začátku česká Asociace strojních inženýrů.

První konferenci uspořádal VDI-Gesellschaft Energietechnik (D) a druhou Koninklijke Vlaamse Ingenieursvereniging za předsednictví Prof. R. Decuyper z Bruselu (B), který se stal po konferenci na následující čtyři roky novým předsedou Evropského výboru.

#### Všeobecně o druhé konferenci

Na druhou konferenci bylo zasláno 109 nabídek referátů. Při Evropském výboru byl vytvořen lektorský sbor, v němž je zastoupeno rovněž šest oponentů z České republiky. Tematicky vhodné příspěvky byly oponovány vždy třemi nezávislými oponenty z různých zemí. Nakonec výbor přijal 63 referátů, z toho čtyři z České republiky a jeden ze Slovenské republiky. Navíc byly předneseny tři přednášky pozvaných lektorů. Konference byla uspořádána v Provinciehuis v Antverpách, probíhala ve dvou souběžných zasedáních a zúčastnilo se jí přes 160 účastníků, z toho 15 z České republiky. Projednávaná problematika byla rozdělena do tematických okruhů: parní turbíny I,II,III; aerodynamika turbín I,II,III; aerodynamika kompresorů I,II; radiální stroje; návrhové metody; pumpy a vodní turbíny; přestup tepla I,II; speciální problémy; proudění ucpávkami a netěsnostmi; nestacionární proudění.

V předsálosti konferenčních prostor byla uspořádána výstava několika menších firem se zaměřením zejména na měřicí techniku (Dantec Measurement technology, NL a pod.) a na speciální software. Například společnost Numeca International, vedená Prof. Ch. Hirschem (B), předváděla soubor programů pro výpočty 3D proudění v turbostrojích.

**Odborná část konference**

První lektorskou přednášku měl G. Karadimas, SNECMA (F) na téma "Perspektivy vývoje součástí leteckých motorů při použití nových metod". Byl z ní zejména patrný vývoj tvarů hlavních komponent leteckých spalovacích turbin v důsledku použití výpočtových metod, založených na 3D proudění, na nových technologiích a na použití nových materiálů.

Výsledkem je neustálé zvyšování parametrů leteckých spalovacích turbin.

Druhá lektorská přednáška W. Dawese, Whittle Laboratory (UK) měla název "Současný a budoucí vývoj 3D CFD pro turbostroje se zahrnutím účinků interakce rotoru a statoru". Podrobněji byly uvedeny moderní výpočtové metody pro proudění v průtočných částech turbostrojů.

Třetí lektorská přednáška byla zaměřena na experimenty: D. Brüggemann, Institut für Thermodynamik der Luft- und Raumfahrt (D) "Optické metody pro měření proudění v technických aplikacích". V tématickém okruhu "parní turbíny" byla věnována pozornost 2D a 3D výpočtům proudění při návrhových a nenávrhových režimech a jejich porovnání s experimenty. Řada referátů byla zaměřena na výpočty a experimenty při dvoufázovém proudění vlhké páry. V dalších tématických okruzích se většinou projednávala problematika spojená s výpočty a experimenty při 3D proudění v průtočných částech, včetně proudění radiální vůlí nad lopatkami. Rozebíraly se rovněž moderní návrhové metody. Středem pozornosti v tématickém okruhu "přestup tepla" bylo chlazení lopatek plynových turbin se zaměřením zejména na filmové chlazení vnějších povrchů.

Tři české referáty se zabývaly problematikou parních turbin:

1. V. Petr, M. Kolovratník (ČVUT FS) "Příspěvek k problémům proudění vlhké páry v NT dílech parních turbin".

2. M. Šťastný (ŠKODA TURBINY), M. Šejna (PC Progress), O. Jonas (Consultants, USA) "Modelování proudění s kondenzací a chemickými nečistotami v lopatkových mřížích parních turbin".

3. M. Šťastný (ŠKODA TURBINY), P. Šafařík (ČVUT FS), I. Hořejší, R. Matas (ŠKODA VÝZKUM) "Obtékání řezů oběžných lopatek turbínového stupně s relativně dlouhými lopatkami při nenávrhových režimech".

Čtvrtý referát byl zařazen do tématického okruhu "aerodynamika kompresorů".

4. V. Cyrus (AHT Energetika), M. Kreuzer (ZVVZ) "Aerodynamický návrh vysoce zatíženého osového ventilátoru s natáčivými rotorovými lopatkami".

Slovenský referát se týkal aerodynamiky turbin: V. Molnár, F. Ridzoň, J. Nyiri (STU FS) "Studie sekundárního proudění v turbínové mříži velkých rozměrů". Přednesené referáty, kromě lektorských přednášek, byly otištěny ve sborníku konference. Jedenáct vybraných prací (mezi nimi český referát č.3) bude ještě publikováno v časopise "Journal of Power and Energy" (UK), který se stal oficiálním publikačním časopisem evropské konference.

**Závěry z konference**

Z uvedených faktů o evropské konferenci "Turbostroje - dynamika tekutin a termodynamika" vyplývá, že se v problematice přeměny energie v turbostroji rychle stává rozhodující odbornou konferencí v evropském měřítku.

Druhá evropská konference o turbostroji ukázala následující hlavní vývojové směry:

- rozsáhlé využití počítačů pro řešení přímých a nepřímých 2D a 3D úloh proudění průtočnými částmi všech druhů turbostrojů se zaměřením na optimalizaci tvarů obtékaných povrchů (lopatek, kanálů a pod.)
- experimentální ověřování počítačových metod
- počítačový a experimentální výzkum vzniku a proudění vlhké páry v parních turbinách
- intenzivní výzkum chlazení lopatek plynových turbin, zejména filmového chlazení vnějších povrchů
- uvažování účinků nestacionárního proudění.

Z České republiky byl patrný značný zájem o evropskou konferenci o turbostroji, což je zřejmě dáno silným průmyslem, zaměřeným na výrobu turbin všeho druhu, kompresorů, ventilátorů, čerpadel a pomocného zařízení.

Výsledky českého výzkumu a vývoje by se měly v budoucnosti na evropské konferenci ještě více podílet. Vcelku dobře byly reprezentovány parní turbíny a ventilátory, přičemž je třeba uvést, že všechny tři práce o parních turbinách vznikly s podporou Grantové agentury ČR a ŠKODA TURBINY s.r.o. (ŠKODA TURBINY s.r.o. podporovala i slovenskou práci).

Třetí evropská konference "Turbostroje - dynamika tekutin a termodynamika" bude uspořádána v prvním týdnu měsíce března 1999 ve Velké Británii, nejspíše v Londýně.

*Doc. Ing. Miroslav Šťastný, DrSc*

*ŠKODA TURBINY, Plzeň*

**Z obsahu****SPRAVODAJA SASI, č. 7, 1996****Odborná část**

*Doc. Ing. Pavel Blaškovič, DrSc.: Význam tribologie v strojnem inžinierstve*

*Doc. Ing. Ján Košťuriak, CSc., Doc. Ing. Milan Gregor, CSc.: Priemyslové inžinierstvo a revitalizácia strojárskych podnikov*

*Doc. Ing. Vladimír M. Vondra, CSc.: Zvyšovanie kapacity existujúcich gravitačných prívádzáčov*

**Informácie**

*Odvzdanie diplomov čestného člena SASI*

*Plnenie úlohy C/1 z usnesenia 2. Zhromaždenia zástupcov SASI z 12. marca 1996*

*Stretnutie strojárskych zväzov krajín CEFTA*

*Záznam zo 6. rokovania výboru a predsedov klubov SASI*

*Doc. Ing. Jaroslav Jarema, CSc.: Národná cena za dizajn 96*

*Doc. Ing. Ján Lešínský, CSc.: Účasť SASI na jasnem zasadání VDI - Bezirksgruppe Deggendorf/Passau*

*Plán akcií klubov SASI na 1. polrok 1997*

**Konferencie, semináře, výstavy****Recenzie**

## Základní rysy rozvoje vědy a techniky ve 20. století

Pod tímto názvem přednesl Prof. Jaroslav Němec referát na shromáždění členů ASI v lednu 1997 na Českém vysokém učení technickém v Praze, který vzbudil pozornost a zájem o jeho vydání v bulletinu asociace. Není ovšem myslitelné v této publikaci otisknout celou přednášku, ale připravili jsme následující výtah. Vystoupení mělo základní linii v myšlence, že 20. století bylo etapou **dovrsování nebo zahájení prvního věku hlavních a často nových oborů vědy a přípravou na druhý věk v příštím století**. Toto další století bude charakterizováno tím, že **věda se stane základem civilizace a bude formovat nového člověka**.

Končí století, které bylo nejzajímavější v historii lidstva, neboť byly dosaženy vlivem aplikace vědy fantastické úspěchy v technice a technologii. Nebylo to jen podle objednávek humánních snah po lepším životě lidí, ale bylo to také spojeno s tím, že toto století bylo stoletím světových válek. Zejména proto byl dosažen obrovský pokrok v dopravě po první světové válce, jak to dokumentuje automobilismus a letectví. Druhá světová válka přinesla možnosti uvolnění atomové energie a tím nové zdroje využitelné energie. Zahájen byl věk kybernetiky. Studená válka přinesla řídicí mikroelektroniku a laserové techniky, neboť příprava hvězdných válek urychlila rozvoj astronautiky a informatoriky. Na druhé straně se tím lidstvu dostalo netušených možností obohatit život, zpřístupnit většině poznání naší planety a vesmíru a podílet se na dosažení dříve nedostupných lákavých pocitů. Každý začal žít extenzivněji a náročněji. Rozvinula se spotřební společnost. Cíle se staly stále vyšší a dražší. Utrpení na jedné straně a pokrok člověka na druhé byly těsně spojeny tak, jak to v

revolučních dobách vždy je a 20. století je stoletím revolucí v myšlení, které předbíhají úrovně generací.

Prof. Němec pak charakterizoval některé obecné tendence vývoje. Od počátku století se projevuje **snaha po zvyšování výkonů strojů a zařízení**. Prudce vzrostly tlaky a teploty pracovních médií, zvýšily se rychlosti pohybu a zvětšily rozměry strojů a konstrukcí. To vše vyžadovalo novou technologii a nové materiály. Již nelze vystačit s empirií a intuící a bylo třeba **zahájit první věk aplikace věd a experimentálního a modelového výzkumu v průmyslové výrobě**. Bylo třeba vytvořit žárupevné ocele, které by odolávaly teplotám nad 500°C a slitiny pro teploty nad 1000°C. Tato potřeba speciálních materiálů nevznikla podle teoretických úvah, ale **na základě havárií v provozu**, což ovšem bylo často v průběhu století. Vysoké rychlosti strojů rovněž přinesly závažné poruchy a lomy, což dalo podnět k **rozvoji prvního věku poznání únavy materiálu** vlivem dynamického namáhání. Velké havárie rozměrných lodí, mostů a dalších nádob v energetice i syntetické chemii přinesly **formování**

**prvního věku lomové mechaniky**. Ukázal se efekt velikosti těles a účinek defektů materiálu, který se v minulém století neznal a zanedbával. **Havárie byly velkou školou nejen techniků, ale i vědců. Provoz se stal laboratoří**.

Obecnou tendencí bylo **prolínání a spojování klasických oborů vědy a techniky**. Úzká specializace se stále více ukazovala za nedostatečnou. Prof. Němec ze své vlastní zkušenosti ukázal na příkladech, že je nezbytné chápat velká díla techniky 20. století jako koncentraci vědy, která vyžaduje komplexní týmy řízené osobnostmi se širokými znalostmi a manažerskými schopnostmi. Je tomu tak ve výrobě nadzvukových letadel, atomových elektráren, v astronautických zařízeních i v robotice a soudobé technologii a také v návrzích mikroelektronických přístrojů a počítačů. **Největší pokrok je dosahován na hranici oborů**. Proto je třeba v příštím století **formovat první věk nových způsobů výchovy tvůrčích pracovníků**. Už nebude platit "devatero řemesel, desátá bída", ale bude potřeba celoživotního vzdělávání členů společnosti.

Dalším obecným trendem v průběhu století bylo **formování prvního věku experimentálních metod** a dosahování poznatků tam, kde nestačí lidské smysly. Pronikání do mikrosvěta na straně jedné a do vzdálených hlubin vesmíru na straně druhé, je zárukou moderní experimentální techniky. Poznaly se děje při interakci elementárních částic, posoudily procesy v rozměrech  $10^{-20}$  cm, ale i jaký je vesmír ve vzdálenosti miliard světelných let. Na počátku století byla teoreticky formulována teorie relativity a bylo nutno ji experimentálně potvrdit. Byla formulována vlnová mechanika a bylo nutno ji ověřit ve všech projevech,

byl vytvořen model atomu a jeho jádra a bylo nutno se na věc "podívat". Nové stroje bylo nutno v prototypch vyzkoušet a experimentálně ověřit jejich spolehlivost v těžkých provozních podmínkách. Bylo nutno nahradit drahé a složité mechanismy počítačovými modely a v provozu sledovat opotřebení a degradaci práce strojů a zařízení, spotřebu pohonných látek i řízení v mezích stavech automatickou diagnostikou. **To vše vedlo k prvnímu věku měřicí a řídicí techniky**, k širokému rozvoji oboru lidské činnosti jakou je experimentální technika. Je to dnes obor velmi perspektivní a zaměstnávající značnou část tvůrčích lidí ve vědě i výrobě. **Druhý věk bude věkem fyzikálního a matematického modelování**.

Prof. Němec pak ukázal další obecné rysy vývoje vědy zejména matematiky, fyziky a chemie ve 20. století a přešel na rozbor nově narozených průmyslových odvětví. Začal u výroby a využití materiálů.

Na počátku století byly používány jako konstrukční materiály kovové (**převážně ocele**) vyrobené **klasickými hutními technologiemi** a konstruktér řešil úkoly jejich využití podle obecných dat hutí. Dnes se již začíná projevovat změněný vztah, neboť výrobce se musí orientovat na zadání konstruktéra a přizpůsobit materiálové vlastnosti potřebám navrhování strojů a konstrukcí. Paleta vlastností materiálů a jejich typy se rozšiřují a speciální objednávky převyšují obecné, definované podle klasických materiálových norem. Začíná se uplatňovat využívání složených materiálů, které neposkytuje běžně příroda, ale které jsou umělou konstrukcí. Do výroby stále více pronikají plastické materiály s tvarovou pamětí, materiály

velmi čisté pro mikroelektroniku, materiály vyráběné pro lékařství pro náhrady orgánů, oční čočky, pro transplantace, nové lehké materiály pro stavby odolné vnějšímu prostředí a s estetickým vzhledem, speciální materiály pro vesmírné koráby, materiály pro extrémně vysoké a naopak hluboké teploty, atd. Prostě každá éra lidské civilizace je označována podle využívaných materiálů, jako doba kamenná, bronzová, železná, nyní se připravuje éra materiálů složených, vzniká první věk nového materiálového inženýrství. Bez vyřešení nových materiálů užitečných pro výrobu i pro ekologii nelze vůbec mluvit o nové etapě lidské civilizace. To vyžaduje otevření nového věku teorie o vztazích mezi složením a strukturou materiálů a jejich fyzikálními vlastnostmi. V prvním věku v této oblasti ve 20. století byly vytvořeny modely dislokační pro vysvětlení deformačních vlastností konstrukčních materiálů a lomová mechanika pro jejich pevnostní chování, které podstatně změnily hutní technologii a chápání vlivu defektů, takže byly investovány na světě obrovské finance do realizace výroby materiálů ve vakuu a do uplatňování defektoskopie vad. Cena tlakových nádob atomových reaktorů v energetice je dána náklady na 100% defektoskopii makro vad. **V dalším věku budou náklady na výrobu materiálu dány novými technologiemi speciálních materiálů složených.** Technologie materiálu bude spojena úzce s technologií konstrukcí a strojů. **Bude také nový věk technologie.** Vývoj technologie prodělal ve dvacátém století jen předevčíkem pokud sledujeme výrobu strojů a konstrukcí. Tváření, lití a svařování bylo více méně pod vlivem zkušeností a zkoušek, nikoli na základě teorií a fyzikálních modelů. Teprve v

konci století vlivem počítačů a softwarových programů bylo možno zaznamenat pokrok a přechod k optimalizaci těchto postupů ve výrobě. První věk se začne rozvíjet na počátku příštího století, kdy bude možno dosahovat největších bariér v materiálu proti namáhání tím, že technologie cílevědomě řízená a plně automatizovaná bude sledovat nejlepší strukturu materiálu a nejkvalitnější povrchové vrstvy těles. Také odpad bude minimální a imperfekce materiálu nejmenší. Předepsané vlastnosti budou mít minimální rozptyl a geometrie těles bude přesná. Vlastní pnutí bude ovládáno tak, jak to bude nutné z hlediska dokonalosti a geometrické stálosti výrobků. **Fyzikální a ekonomické modelování přinese racionalizaci výroby na požadovanou hladinu nákladů.** Tento první věk vědecké technologie bude pak vystřídán až koncem dalšího století věkem druhým, kdy bude dosaženo výroby speciálních a nových materiálů s největší provozní spolehlivostí a zadanou životností. **Výroba bude plně robotizována.**

Výjimkou ve změnách technologie během 20. století byla výroba mikroelektronických součástek a spojů a v optoelektronice. Projevila se snaha o miniaturizaci výrobků, rozvinutí počítačů a sdílení po optických vláknech. Technologie vyžadovala maximální čistotu a práce v mikroobjemech materiálů speciálních elektrických a optických vlastnostech. V těchto oblastech se rozvinul i dovršil první věk této speciální výroby umožněné rozvojem fyziky a materiálového inženýrství. Vynikla se elektronová litografie.

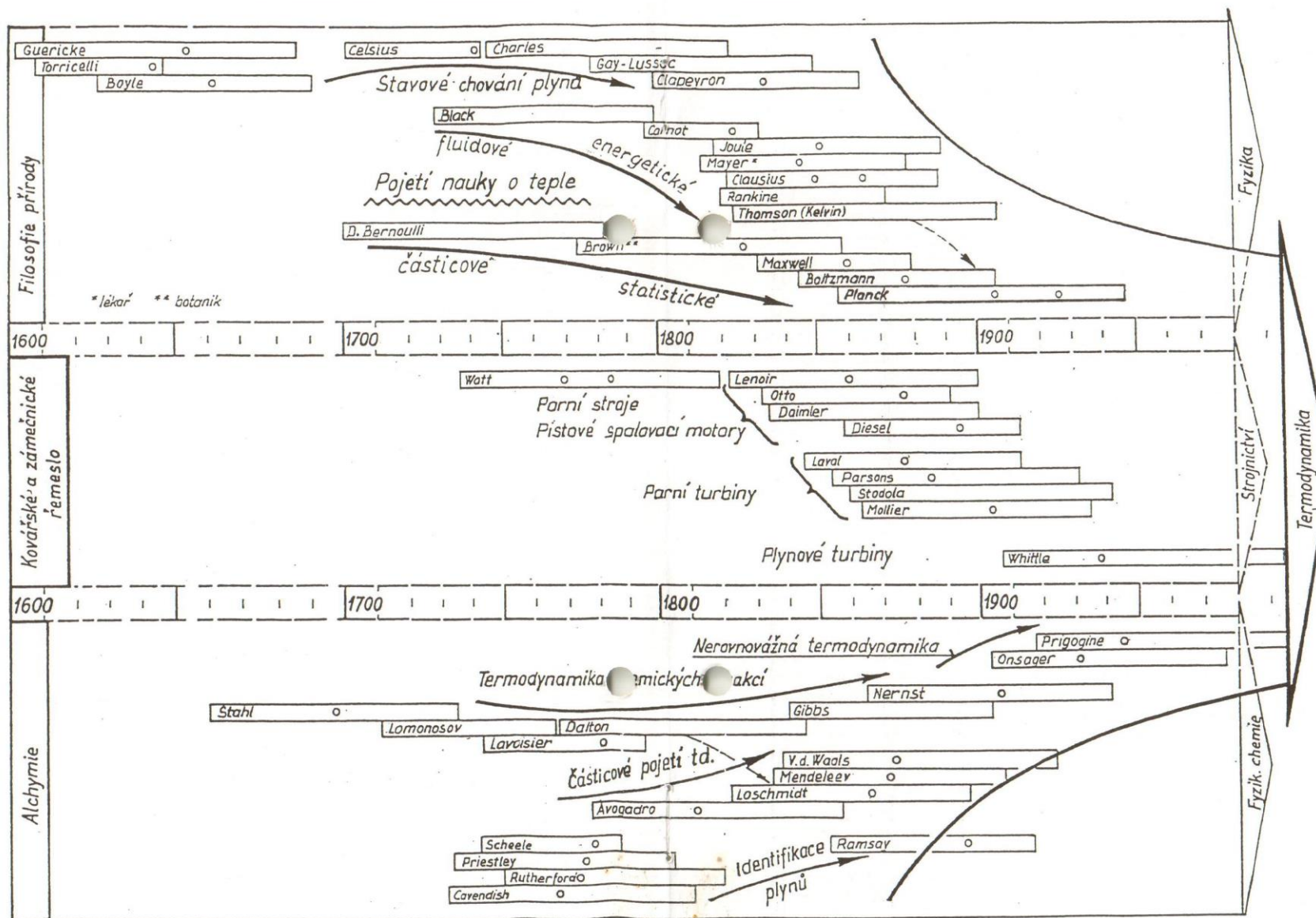
Prof. Němec pak přešel k rozvoji energetiky ve 20. století. Probral energetiku založenou na fosilních

palivech a věnoval největší pozornost **atomovým elektrárnám jako produktu století na základě rozvoje vědy.** V podstatě jde o dvě možnosti. Buď štěpení atomových jader uranu, nebo transuranů, případně thoria, nebo o syntézu lehkých jader. První věk atomové energetiky se orientoval na proces nejdříve objevený a vyzkoušený při realizaci atomových bomb, na použití štěpení jader uranu. **Syntéza lehkých jader bude zahajovat až druhý věk atomové energetiky** v průběhu příštího století, i když se na výzkumu intenzivně pracuje již nyní a to několika postupy. I když se pokročilo při dosahování potřebné teploty při daném počtu lehkých jader vodíku ať již v magnetické kleci, či laserovými vysokoenergetickými současnými impulsy, přece jen **k udržení horké plasmu a získávání energie ještě hodně chybí.** Atomové elektrárny realizované a úspěšně provozované v druhém polovině 20. století měly několik variant. My jsme nejprve postavili elektrárnu využívající přírodní neobohacený uran a moderovanou těžkou vodou s teplosměnným nositelem vysokopřehřátým plynem. Ve světě se však jako nejúspěšnější prosadily typy s obohacným uranem chlazené vodou.

**Lehkoodní reaktory jsou dnes běžně dodávány na velké výkony v jednotce. Řada států kryje značnou část spotřeby energie z těchto zdrojů.** Je třeba si uvědomit jak z ekologického, tak i ekonomického hlediska, že atomová energetika jako jediná nespotebovává kyslík. Určitý dočasný útlum objednávek atomových elektráren je využíván na maximální zdokonalování jejich konstrukce a řízení a k dosažení nejvyšší spolehlivosti provozu. Výroba vyžaduje vysokou kvalifikaci a celou řadu nových technologií. Prodlužuje se životnost reaktorů i výměníků tepla a dokáže se

nyní i poškozené tlakové nádoby reaktorů neutronovým zářením tepelně regenerovat, zvyšovat jejich houževnatost materiálů. Postupně se dokáže **zabezpečit provoz diagnostikou poškození a včas zamezit haváriím.** Jde o metody detekce trhlin a deformací pomocí automatizované defektoskopie, emise akustických signálů a inspekce deformací i korozivních stop. Obsluha je cvičena na trenažerech a vypracovány jsou metody likvidace poruch a havárií. Velká pozornost se věnuje ukládání a likvidaci radioaktivního odpadu a konečně i odstavení elektráren po dožití. **Atomová energetika se v druhém věku jejího uplatnění stane nejbezpečnějšími technickými díly.** Proto se bude klasický typ těchto zařízení zdokonalovat a uplatňovat i v příštím století. Množivé reaktory byly vyvinuty zejména z vojenských důvodů, ale dnes je již dostatek plutonia a snahy po totálním jaderném odzbrojení jsou realistické, takže tyto aspekty pominou. Ekologické aspekty jako **šetření s kyslíkem, snížení skleníkového efektu, šetření zásob fosilních paliv pro jiné důležitější účely a další důvody určí atomové elektrárny dnešního typu ještě dlouho v provozu.** Musíme si uvědomit nevýhody a rizika jiných zdrojů energie, jejichž potřeba bude stále a progresivně růst s rozvojem další éry civilizace. Paroplynové cykly nejsou levné a nejsou výhodné pro vysoké výkony (jsou vhodné jako doplňkové špičkové elektrárny), realizace plynových potrubí s vysokým přetlakem vede stále na větší rizika havárií v zalidněných oblastech planety. Sluneční či větrné elektrárny mají bohužel malý průřez tepelného toku a nemůžeme jimi pokrývat neúměrně velké plochy. Ve třetím věku energetiky se pak jistě uplatní sluneční energie zachycovaná ve





vesmírném prostoru, transformovaná a sdílená na naší planetu.

Dalším oborem, vysoce rozvinutým v tomto století je doprava, v přednášce byla uvedena řada úspěchů v tomto odvětví, tak důležitém pro fungování ekonomiky. Zvýšily se rychlosti dopravy i přepravy od počátku století z rychlosti pohybu lokomotiv a automobilů kolem 100 km/hod na rychlosti několika set kilometrů za hodinu. Dnes jezdí vlaky po kolejích rychlostí kolem 400 km/hod a představují vlastně letadla na kolejích. Rychlosti pohybu moderních letadel a to i velkokapacitních převyšují rychlost zvuku. V budoucnosti budeme létat s Machovými čísly velmi vysokými. Století přineslo rychlosti vesmírných korábů a raketoplánů dosahující kosmických rychlostí. Současně se uskutečnila touha po dopravě pohodlné a kulturní s vysokými výkony. Pozemní doprava se stala krevním oběhem hospodářství na planetě. Budují se dálnice mezinárodní, železniční koridory a sítě na vysoké intenzity dopravy a přepravy. Rozvinul se světový turismus. **Začal se využívat třetí rozměr,** staví se letadla a helikoptéry s kolmým startem, proniká se dopravou surovin a energetických médií do země, staví se podzemní dráhy. **V příštím století se rozvine třetí věk dopravy. Rychlosti se ještě zvýší při stále lepší spolehlivosti.**

Dopravní prostředky budou koncentrovanou vědou tak, jako je dnes např. Concord nadzvukové dopravní letadlo (snad současný div vědy a techniky). Již v prvním věku dopravy na konci minulého století byla železnice symbolem pokroku. V druhém věku stanul člověk na Měsíci. V třetím věku budou individuálně létat a rychle dosahovat pozemských i kosmických cílů.

**Doprava byla v minulosti impulsem k rozvoji dalších oborů. Tim se nyní stává aplikace kybernetiky, počítačů a infortoriky.** Informace a jejich komprese do nové inteligence jsou nyní největším bohatstvím lidí na přelomu století.

Podle Prof. Němce je **nejvýznamnějším objevem 20. století kybernetika,** jejíž zákony o vývoji systémů a uplatnění zpětné vazby platí obecně pro živou i neživou přírodu.

**Kdo pochopí její principy, pochopí základní zákonitosti vývoje.** Prof. Němec se obsáhle věnoval současnému věku počítačů a jejich rozvoji v příštích desetiletích. Je to oblast vědcům a technikům dnes známá a blízká a změnila svět kolem nás i v nás. Změnil se způsob myšlení. Nebudeme uvádět proto obsah přednášky, protože by to vyžadovalo samostatnou stat. Řada futurologů se domnívá, že se rodí nová civilizace a že **diskuse s touto technikou bude stejně důležitá jako dříve diskuse mezi lidmi.**

Konečně se zastavil autor u **ekologického inženýrství.** Tento nový obor lidské činnosti se zrodil v druhé polovině 20. století. Průmysl v tomto oboru bude zaměstnávat stále více lidí. Jakmile lidská společnost bude bohatší, vznikne snaha nejen ochraňovat okolní přírodu, ale lépe ji využívat a měnit ji **aktivně k obrazu člověka příštích generací.** Rozsvítit slunce tam, kde je ho málo, ohřát krajiny, kde je zima a nepohoda, likvidovat pouště, využít lépe bohatství moří a ovládat procesy v atmosféře. To vše vyžaduje nejen dostatek energie, ale i nové materiály a celosvětové řízení lidstva. **Centrální řízení není mrtvou ideou, neboť globální věda a technika je drahá a vyžaduje dlouhodobé a cílevědomé**

**rozhodování a zajišťování.** Chyby, které zažíváme v současném rozvoji hospodářství nejsou důsledkem rozvoje techniky, ale nesystémovostí našich rozhodnutí a jednostranností v aplikaci přírodních poznatků. **Řízení světové společnosti nesmí být stranické, ale všestranné a vědecké.**

V přednášce byly ukázány perspektivy globálního modelování dějů v přírodě za pomoci počítačů obrovských pamětí. V dalším věku ekologie a navazujícího inženýrství bude hledána cesta pro realizaci cílevědomých zásahů do přírody tak, aby člověk sehrál aktivní úlohu a zkrátil čas vývoje, vylučováním omylů a slepých cest přírodními experimenty. To je jeden z důvodů vzniku a rozvoje člověka na této planetě. Tak to žádá smysl kosmu a člověk se musí stát tvorem kosmickým. Vyžaduje to integraci vědeckých poznání a široký profil tvůrčích lidí. Příští člověk bude tvůrčí osobností v širokém slova smyslu. **Zatím ekologické inženýrství je v předvěku a první věk jej teprve čeká.**

Prof. Němec se pak zmínil o 20. století jako **století nové biologie,** která vedle matematiky, fyziky a technických věd dosáhla největšího pokroku. V důsledku uplatnění nové přístrojové instrumentace a diagnostiky procesů v mikroobjemech a poznáním genové struktury a tím umožnění cílevědomých zásahů do procesů, se realizoval první věk mikrobiologie a genového inženýrství. Stalo se tak v řadě oborů jako v lékařství, zemědělství, v ekologii.

V druhém věku v příštím století budou zřejmě dosaženy **převratné objevy, které zcela změní metody zajišťující zdraví lidstva i jeho kvalitní vývoj.** Zdravotnictví je další obor, který doznal velkého pokroku ve 20. století. Zcela se mění lékařská věda. Lze říci, že již

zažíváme počátek druhého věku v této sféře, je to věk transplantací, biomechaniky, rozvoj poznání podstaty imunitních stavů a cílevědomý boj s rakovinou a stárnutím. V prvním věku v polovině století byla objevena antibiotika a další obranné léky proti virovým onemocněním a likvidovány infekce v širokém měřítku. Výroba léků se stala nejproduktivnějším oborem technologie a velmi širokou základnou vědeckého výzkumu.

V novém věku se stane ochrana zdraví člověka a prevence chorob středobodem myšlení a metod všech oblastí věd tak, aby člověk žil šťastně a mohl se věnovat tvůrčím úkolům zmíněným shora. To však **vyžaduje formulovat také novou filosofii.**

Budoucnost žádá nového člověka. Ekonomika prošla od liberálně tržní k sociálně tržní. Stále více se bude projevovat vyrovnávání úrovně lidí, myšlení a potřeb. Stále více se bude zvětšovat počet lidí na planetě a prodlužovat jejich věk. To vše vyžaduje novou makroekonomiku. Ta bude muset být více šetrná.

**Extenzivní chování a plýtvání surovinami i silami bude muset být nahrazeno novou globální asketickou a morálně orientovanou ekonomikou.** Rozvoj filosofie zatím v tomto století zaostával. Ta se rozvíjela jen díky přírodním vědám, nové kosmologii a kybernetice. Bez nové morálky by však riziko nové civilizace bylo fantastické.

Říká se, že budoucí svět bude technologický, nebo počítačový, či kybernetický nebo dokonce kosmický podle rozvoje vědy, neboť ta se stane základním momentem civilizace, ale prof. Němec je přesvědčen, že bude prostě lidská a tvůrčí.

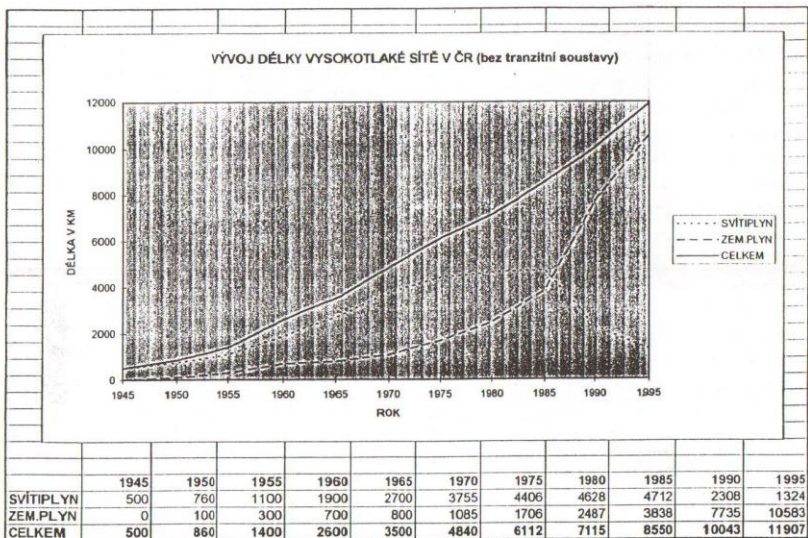
## Ověřování technického stavu a možnosti prodloužení životnosti vysokotlakých plynovodů

Ing. František Pařízek - Český plynárenský servis

Rozvoj plošné gazifikace českých zemí, nejprve svítiplynem z tlakových plynáren Úžín a Vřesová, později zemním plynem, má svůj počátek již v poválečném období. V současné době provozují podnikatelé českého plynárenství více než 12 000 km plynovodů vysokotlaké soustavy v dimenzích DN 100 až DN 700, z nichž asi polovina je starší dvaceti pěti let. Postupný délkový nárůst vnitrostátní soustavy pro rozvod plynu je patrný z diagramu na obr. 1 - dole.

Uvedená soustava má ještě jednu zvláštnost spočívající v tom, že plynovody realizované do let 1973-74 pro rozvod svítiplynu byly navrhovány pro tlakový stupeň PN 25, což byl maximální možný výstupní tlak z výroby plynu. Teprve na základě rozhodnutí Českého plynárenského podniku z uvedeného období byla všechna další potrubí již navrhována pro tlakový stupeň PN 40.

Po ukončení výroby svítiplynu v roce 1996 a komplexním převodu spotřeby na zemní plyn, je česká plynárenská



soustava provozována ve dvou tlakových úrovních.

V poslední době bylo proto třeba hledat odpověď na dvě základní otázky dalšího bezpečného provozování soustavy pro vnitrostátní rozvod plynu:

1. Nakolik bezpečné další využívání potrubí starších 25 až 30 let, když právě hranice třiceti let byla při jejich zprovoznění považována za mezní.

2. Zda je principiálně možné nalézt hranici tlakového sjednocení soustavy na určité kompromisní úrovni.

České plynárenství vynaložilo v posledních 15 až 20 letech poměrně značné prostředky na studium a hodnocení faktorů provozní bezpečnosti vysokotlakých potrubí, což dovoluje, abychom dnes mohli na obě položené otázky odpovědět kladně.

Na hledání technických argumentů pro takto jednoznačnou odpověď se rozhodujícím způsobem podílely a dosud podílejí ÚTAM AV ČR a SVÚM Praha.

Prvním článkem posuzování dnešního technického stavu dlouhodobě provozovaných potrubí a prognózy jejich životnosti je znalost trubního materiálu, jeho mechanických a lomových vlastností, výrobních a montážních imperfekcí a režimu provozního namáhání.

Z toho lze odvodit úroveň provozního namáhání a metody stabilizace současného napětového stavu redistribucí špičkového napětí v místech defektů a definovat provozní bezpečnost pro další období.

### Trubní materiál posuzovaných potrubí

Jedná se téměř výlučně o produkci českých a slovenských výrobců na technické úrovni 60. a 70. let. Bezešvé a rozšiřované trubky jsou z VT Chomutov a od ostravských výrobců, šroubovicově

svařované trubky dodávaly NH Ostrava, Vítkovické železářny a VSŽ Košice, podélně svařované trubky jsou z Železáren Podbrezová.

Pro výchozí materiál bylo převážně používáno ocelí neuklidněných, třídy 11 nebo 13 v kvalitě X-35, 37, 42, 48, 52, výjimečně X-60. Tedy ocelí uhlíkatých, resp. nízko legovaných.

Atesty původně dodaného trubního materiálu byly ve značně míře provozovateli uchovány, avšak jejich vypovídací schopnost je velmi nízká. Vedle označení typu ocele vesměs uvádějí jen hodnoty  $R_e$  a  $R_m$ , resp. A, chemické složení je dokladováno jen výjimečně, lomové vlastnosti nebyly vyžadovány vůbec.

Při posuzování stavu dlouhodobě provozovaného potrubí je tedy nezbytné nejprve provést úplný materiálový rozbor na výřezech z reálného potrubí spolu s odhadem možné degradace posuzovaných charakteristik.

Provedená posouzení navíc ukázala velké rozdíly zjištěných a dokladovaných vlastností, takže věrohodnost dochovaných atestů je často problematická.

### Hlavní typy výrobních imperfekcí, montážních a provozních poškození

Výzkumné práce a navazující experimentální programy ukázaly, že:

- počet typů imperfekcí je konečný a definovatelný
- jde o imperfekce vyvolávající lokální špičková napětí, která je možno u těchto ocelí s dostatečnou mírou plasticity přerozdělit přetížením a vytvořit tak podmínky pro další provozní namáhání v režimu pružných deformací

- provozní namáhání může v místě lokálních defektů vyvolat nízkocyklickou únavu řádu  $1,0 - 1,5 \times 10^4$
- pro odolnost potrubí proti roztržení za provozu jsou rozhodující makrodefekty materiálu.

Podle původu lze potrubní imperfekce řadit do těchto skupin:

### 1. Defekty z výroby

- nehomogenita a rozdíly v chemickém složení, tudíž kvalité výchozí ocele
- rozválcované nečistoty vyvolávající zdvojení stěny
- neodstraněné hladiny vnitřních pnutí z výroby (10 - 15 %  $R_p$ )
- vysoké tolerance tloušťky stěny především u bezešvých trub
- nevhovující geometrie výrobního svaru (přesazení hran, přelití svařového kovu)
- nenatavené hrany, studené spoje, hrubé nedostatky výrobního svařování vedoucí ke vzniku trhlin.

### 2. Vlivy technologie montáže plynovodu

- rozdílná geometrie svařeného potrubí a dna rýhy pro jeho uložení
- hrubé nedostatky příčných montážních svarů
- boule na potrubí vyvolané nedodržením geometrie spouštěcí vlny nebo uložení potrubí na balvany ve dně výkopu.

### 3. Provozní vlivy

- rozvoj prvotních defektů vlivem provozního namáhání
- stárnutí pasivní ochrany potrubí či nedostatečná funkce aktivní ochrany, jež vedou ke vzniku důlkové nebo plošné koroze

- vnější zjištění nebo utajené zásahy do stěny potrubí cizí činností.

## Metody zjišťování technického stavu potrubí a možnosti jeho zlepšování

Problematikou posuzování technického stavu plynárenské sítě se zabývají prakticky všechny společnosti pro přepravu plynu v plynárensky vyspělých zemích.

Jsou přitom sledovány dva principiálně odlišné přístupy:

### 1. Vnitřní inspekce pomocí technologického zařízení identifikujícího některé typy defektů

Tato inspekční zařízení lze aplikovat výlučně u potrubí, která byla pro vnitřní inspekci konstruována s přípustnými poloměry vertikálních a horizontálních oblouků a jsou vybavena příslušnými komorami pro vkládání a vyjímání inspekčních "ježků".

Pohyb tohoto zařízení zabezpečuje přepravované médium na vzdálenost převyšující délku jednoho sta kilometrů.

Zařízení je zpravidla koncipováno do tří modulů

- čidla pro snímání defektů
- zdroj energie
- paměťový modul.

K výhodám aplikace této metody identifikace defektů patří možnost pracovat bez plné odstávky potrubí v poměrně krátkém časovém údobí.

Nevýhodami jsou:

- rozlišitelnost pouze určitého typu makrodefektů, především korozních úbytků stěny, metody spolehlivého zjišťování podélných trhlin nebo studených spojů ve svarech jsou ve vývojovém stádiu a aplikace nových

inspekčních zařízení bude nesporně velice nákladná

- pasivní registrace těchto defektů, které je nutno následně vyhledat, provozně sledovat nebo opravit
- vysoká finanční náročnost (monopol několika západních firem).

V České republice je k takové inspekci připravena pouze soustava tranzitních plynovodů.

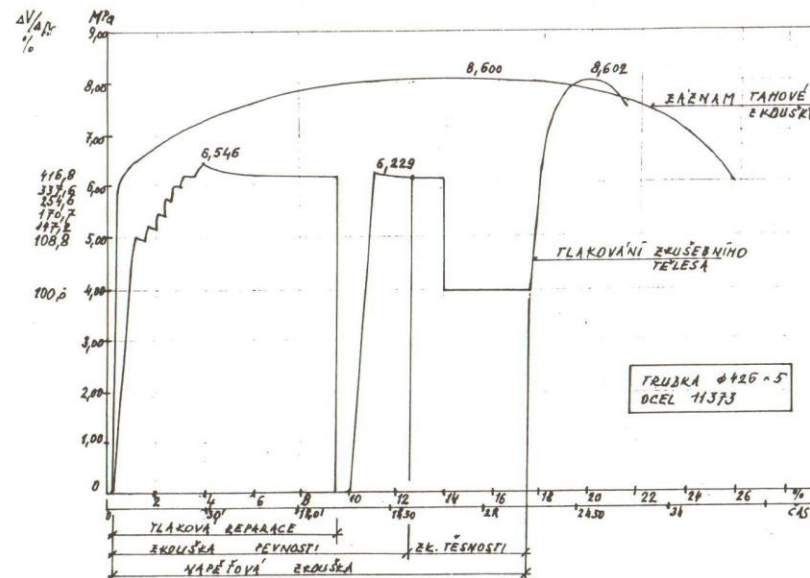
### 2. Rehabilitace potrubí tlakovým přetžením vodou

Pro vnitřní inspekci není česká vnitrostátní soustava plynovodů technicky uzpůsobena jak z hlediska průchodnosti, tak technologickým uspořádáním. Významnou úlohu hraje i vysoký stupeň znečištění vnitřního povrchu potrubí nejen dlouhodobým provozem, ale ještě z výstavby.

V počátku devadesátých let byla na základě citovaných odborných prací vypracována a prakticky aplikována dnes už na více než 300 km plynovodů metoda rehabilitace potrubí hydraulickým tlakovým přetžením.

Postup prací při rehabilitaci lze stručně charakterizovat následovně:

- odstavení zokruhaného plynovodu mezi dvěma odběrními místy z provozu
- rozdělení na pracovní úseky na základě přípustného hydrostatického rozdílu mezních výšek
- opakované vyčištění vnitřního povrchu od nečistot
- výměna potrubních částí se známými provozními opravami



- naplnění pracovního úseku vodou za přísných opatření proti zavzdušnění
- tlakování pracovního úseku do hodnoty napětí blízko  $R_0$  (obr. 2) s následujícími aspekty:
  - jde o tlakování v předem stanoveném režimu nárůstu tlaku za jednotku času
  - plastického dotvoření se obvykle dosahuje opakovanými prodlevami k ustálení procesu dotvarování
  - po dokončení prvního tlakovacího cyklu dochází k poklesu tlaku a k druhému tlakovacímu cyklu, který ověřuje integritu potrubí a linearitu závislosti tlaku na dodaném množství vody
- vytěsnění vody a vytření potrubí.

Positivní výsledky tlakového přetížení potrubí spočívají v následujícím:

1. Zatížením stěny potrubí vnitřním přetlakem na úroveň blízko mezikluzu použité oceli dojde k eliminování přetrvávajících vnitřních prnutí z výroby i montáže plastickými deformacemi a pro pracovní rozsah napětí ve stěně potrubí se vytvoří provozní podmínky lineární závislosti.

2. V místech existujících defektů dojde k zásadnímu přerozdělování namáhání se dvěma možnými výsledky:

2.1 Ošetřovaný defekt má podkritickou velikost a plastická deformace na jeho čele dovolí přerozdělení napětí s vyvoláním předpětí tak, že se zásadním způsobem oddálí jeho další rozvoj.

2.2 Zatížený defekt má velikost blízko velikosti kritické a během zatěžování dojde k jeho rozvoji. Při dodržení požadavku na maximální úroveň zavzdušnění tlakovacího média do 0,5 % jde vždy o bezpečný a většinou snadno identifikovatelný případ.

Po opravě defektního místa se tlakování opakuje. Z dosud provedených rehabilitací lze statisticky vysledovat 1 až 3 defekty nadkritické velikosti na 10 km posuzovaného potrubí.

3. Podíl dosaženého tlaku prvního cyklu tlakové reparační a provozního tlaku vyjadřuje skutečnou hodnotu provozní bezpečnosti rehabilitovaného potrubí pro další provoz.

4. Výsledky tlakové reparační plynovodů původně navrhovaných na provozní tlak 25 barů připouštějí zvýšení provozního tlaku až na úroveň umožňující tlakové sjednocení české vnitrostátní soustavy.

Metoda ověřování provozní bezpečnosti vysokotlakých plynovodů a prodlužování jejich životnosti přetížením na napětí blízké mezikluzu ocele je metodou originální, opírající se o výsledky našeho výzkumu.

Jak ukazují každoročně pořádaná odborná kolokvia ke spolehlivosti plynovodů s mezinárodní účastí, získává tento postup přednost i u některých zahraničních plynárenských společností.

## Institut technické inspekce Praha byl akreditován

*Dne 4. 6. 1997 byla podepsána smlouva o spolupráci mezi Institutem technické inspekce Praha a Asociací strojních inženýrů. Při tomto setkání poskytl pan ředitel Ing. Jaroslav Tesař následující zprávu o akreditaci.*

V roce 1996 probíhalo na základě žádosti ITI Praha šetření Českým institutem pro akreditaci (ČIA) v naší organizaci, které mělo ověřit, jak splňujeme podmínky stanovené v ČSN EN 45004 pro získání akreditace pro inspekční činnost třetí nezávislé strany typu A.

Příprava na toto šetření i samotný průběh šetření kladl na všechny pracovníky naší organizace zvýšené nároky a tato situace vedla ke

zvýšenému pracovnímu úsilí. Nejprve bylo třeba zdokumentovat, jak inspekční činnost provádíme a při samotném šetření byla prověřována nejen naše dokumentace, ale i to zda naši pracovníci při výkonu inspekční činnosti postupují v souladu s touto dokumentací.

Pro ilustraci čtenářů uvádím, že naše řízená dokumentace kromě Příručky jakosti a více než dvaceti Směrnic ředitele dále zahrnuje Inspekční postupy pro jednotlivé obory a desítky Pracovních pokynů. V březnu tohoto roku, po ukončeném šetření, nám Český institut pro akreditaci vydal osvědčení o akreditaci inspekčního orgánu č. 4001. Tím se ITI Praha stal první inspekční organizací v ČR, která toto osvědčení od ČIA obdržela.

Nyní půjde o to, abychom při následném řešení, které ČIA průběžně provádí, uhájil standardní úroveň naší činnosti.

**Ing. Jaroslav Tesař**  
ředitel ITI Praha

## Informace o činnosti Českého národního výboru FEANI za uplynulý rok do jara 1997

V tomto období byla dokončena tzv. akreditace (posouzení a uznání) vybraných českých inženýrských vysokých škol, resp. fakult a oborů, jejichž absolventi se mohou za určitých podmínek ucházet o titul EUR ING.

Na výročním valném shromáždění FEANI koncem září 1996 v Plama de Mallorca byly přijaty závěry Evropské monitorovací komise FEANI a její výkonné rady a na základě toho byla

udělena akreditace 25 fakultám osmi vysokých škol s pětiletými inženýrskými studijními obory a ty byly zapsány do Indexu akreditovaných škol FEANI. Jejich seznam je k dispozici v Českém národním výboru.

Na shromáždění zástupců členů Českého národního výboru Evropské federace národních inženýrských asociací (FEANI), které se konalo 27. 2. 1997 v ČSVTS v Praze byla podána zpráva prezidenta ČNK a předsedy české monitorovací komise, v nichž se referovalo o pracích, vedoucích k úspěšnému završení akreditace a o jednáních se zástupci FEANI v Praze, jakož i našich zástupců ve Winterthuru a na Mallorce.

Dále byla předložena zpráva o hospodaření v r. 1996, byl projednán a schválen organizační řád ČNV FEANI, rámcový plán činnosti a návrh rozpočtu. Rozpočet byl navržen jako vyrovnaný v objemu 1,04 mil. Kč jak na straně příjmů, tak vydání.

Poplatek za vyřízení žádosti o titul EUR ING na rok 1997 byl stanoven na 7000 Kč pro žadatele, který je členem organizace, zastoupené ve Shromáždění a 9000 Kč pro ostatní. V organizačním řádu se předpokládá i zřízení klubu euroinženýrů, zapsaných v české části registru. Poplatek za členství v tomto klubu zatím nebyl stanoven. ČNV již vydal české znění etického kodexu euroinženýra.

Zatím bylo projednáno a doporučeno asi pět žádostí o udělení titulu EUR ING. Formuláře (formulář A1 pro potvrzení předsedou České monitorovací komise, A2 pro potvrzení fakulty o absolvování akreditovaného studia, B pro potvrzení o

členství žadatele v některé z členských organizací ČNV FEANI a C s prohlášením žadatele) k žádosti o udělení titulu EUR ING a příslušné instrukce a podmínky (druh, délka praxe) pro uchazeče jsou k dispozici jak v Národním výboru FEANI na Novotného lávce 5, 116 68 Praha 1, tak v sekretariátu ASI (tel. 02/2435 2640) na Strojní fakultě ČVUT v Praze.

Závěrem pro informaci uvádíme, že koncem roku 1996 z členských zemí FEANI bylo ve Velké Británii přes 12 000 euroinženýrů, v Německu a Francii kolem 2000, ve Španělsku asi 1400, ve Švýcarsku přes 530, v Maďarsku 340, v Rakousku 92 a v Polsku 64.

Vzhledem k aktuálnosti, žádáme všechny členy ASI, kteří by měli zájem o přiznání titulu EUR ING, aby neprodleně vyplnili přihlášku, která již byla otištěna v Informačním bulletinu č. 11 ze září 1996. Tuto nabídku poskytnete i Vaším známým, kteří by měli zájem.

### Pro členy i nečleny ASI

Jak vyplývá z článku, přiznání titulu EUR ING. bude finančně náročné pro organizace zúčastněné v ČNK i pro ostatní zájemce. Poplatek za vyřízení žádosti o titul EUR ING na rok 1997 byl stanoven na 7000 Kč pro žadatele, který je členem organizace, zastoupené ve Shromáždění a 9000 Kč pro ostatní.

Vyplněnou přihlášku, která je na straně 41, prosím, vraťte na adresu:

**Sekretariát ASI  
Fakulta strojní ČVUT  
Technická 4  
166 07 Praha 6**

### ZPRÁVY Z ČINNOSTI ASI

**A.S.I.**

Asociace strojních inženýrů  
Fakulta strojní ČVUT v Praze  
Technická 4, 166 07 Praha 6

#### USNESENÍ

**ze shromáždění delegátů Asociace strojních inženýrů konaného dne 19. února 1997 na Strojní fakultě ČVUT v Praze**

Shromáždění delegátů vyslechlo projev nového presidenta Asociace Ing. Radomíra Zbožínka, generálního ředitele ZPS a předsedy představenstva i projev předsedy senátu Asociace poslance doc. Ing. Grégra.

Dále byla přednesena zpráva předsedy výboru doc. Ing. St. Holého,

CSc. o činnosti a plnění úkolů za období od posledního shromáždění delegátů. Delegáti vyjádřili souhlas s jejím obsahem a konstatovali, že úkoly byly v podstatě splněny.

- Shromáždění vyslechlo zprávu o hospodaření a zprávu revizní komise a vyslovilo s ní souhlas,

- vyslechlo návrh programu další činnosti a návrh rozpočtu ASI na rok 1997 a po diskusi obojí schválilo.

Shromáždění delegátů schválilo všemi hlasy kooptaci nových členů senátu i výbor ve stávajícím složení doplněný novým prezidentem za zemřelého rektora ČVUT prof. Ing. Stanislava Hanzla, CSc.

Složení výboru ASI České republiky pro rok 1997:

### Přihláška k přiznání titulu EUR ING.

Příjmení	Jméno	Tituly
Absolvovaná VŠ	Místo	Rok absolutoria
Adresa bydliště		PSČ
Zaměstnavatel, adresa (u studentů: škola, fakulta, místo)		PSČ
Pracovní zařazení, funkce		

President:

Ing. Radomír Zbožínek, generální ředitel ZPS a předseda představenstva

Vicepresident:

doc. Ing. Stanislav Holý, CSc.

Tajemník:

Ing. Václav Daněk, CSc.

Hospodář:

Ing. Josef Bráblík, CSc.

Organizační pracovníci:

Ing. Milan Růžička, CSc. a dalších 20 členů výborů tvořících požadované komise a redakční radu.

Předsedou senátu asociace jako poradního sboru ASI zůstává poslanec doc. Ing. Miroslav Grégr a místopředsedou Ing. Jan Havelka, ředitel CSE, s.r.o.

*Zapsal: Ing. Václav Daněk, CSc.*

*Kontrolu zápisu provedl:*

*doc. Ing. St. Holý, CSc.*

**ZÁPIS**

**z 10. zasedání senátu ASI konaného 12. března 1997 v Temelíně v jaderné elektrárně**

V návaznosti na dvě přednášky věnované problematice bezpečnosti JE Temelín a diagnostice turbosoustrojím 1000 MW JE Temelín, které byly organizovány ASI Klubem Praha v rámci "technických úterků", bylo umožněno členům senátu ASI se osobně seznámit se stavem výstavby této jaderné elektrárny. Na pozvání ČEZ a.s., tj. stavebníka a budoucího provozovatele jaderné elektrárny Temelín, bylo uskutečněno 10. zasedání senátu ASI na

JE Temelín a jeho podstatnou částí byla technická exkurze stavenišťem.

Členové senátu se setkali v 10,00 hodin na JE Temelín. Přítomné přivítal jménem společnosti ČEZ v zastoupení člena představenstva ČEZ odpovědného za výstavbu JE Temelín ing. Kotyzy (který je současně členem senátu ASI) jeho spolupracovník ing. Duda. Stručně seznámil s programem exkurze a s pracovníky informačního střediska JE Temelín, zajišťujícího styk s veřejností, kteří senátory při prohlídce doprovázeli a poskytovali všechny potřebné technické informace. Vzhledem k rozloze stavenišťe byl pro přepravu mezi objekty zajištěn autobus.

Doprovázející pracovníci stručně seznámili s historií výstavby a s celkovým technickým řešením JE. Jaderná elektrárna Temelín je vybavena dvěma bloky s tlakovodními reaktory typu VVER 1000 o výkonu 3000 MW<sub>I</sub> a dvěma turbínami na sytou páru o výkonu 985 MW<sub>E</sub>. Původní technický projekt primární části je ruský, projekt sekundární části je zpracován českou projekční organizací Energoprojekt, která v současné době působí ve funkci generálního projektanta JE Temelín.

Oproti původnímu projektu, uvažujícímu čtyři jaderné bloky, v roce 1990 rozhodla vláda dostavět pouze dva bloky a zvýšit jejich bezpečnost a provozní vlastnosti tak, aby dosáhly standardu obvyklého u moderních západoevropských bloků s tlakovodními reaktory. Na pozvání vlády byly dále v 90 letech uskutečněny mise MAAE a expertizy renomovaných západních institucí, jejichž výsledkem byla doporučení, která vedla k rozsáhlému inovačnímu programu.

Jako nejvýznamnější a nejrozsáhlejší změny oproti původnímu řešení lze uvést:

- náhrada celého původního informačního, řídicího a zabezpečovacího systému moderním digitálním systémem společnosti Westinghouse Electric Corporation (WEC),

- rozsáhlé inovace komponent a subsystémů primárního i sekundárního okruhu (např. záměna původních mosazných trubek v kondenzátorech hlavních turbín i v kondenzátorech hnacích turbín napájecích čerpadel za trubky titanové, rekonstrukce rozvodu napájecí vody uvnitř parních generátorů, náhrada původního souboru pojistných ventilů kompenzátoru objemu za modernější provedení apod.)

- výstavby plnorozsahového simulátoru pro výcvik personálu.

V současné době stavební práce na 1. bloku jsou prakticky před ukončením a technologie 1. bloku je přibližně z 85 a 90 % namontována. Stavební práce na 2. bloku, který půjde do provozu cca o 18 měsíců později, jsou přibližně z 80 % ukončeny.

Kromě celkové prohlídky stavenišťe byly navštíveny objekty reaktorovny a strojovny. Primární část bloku je čtyřsmyčková, tj. tlakovodní reaktor se čtyřmi cirkulačními smyčkami, čtyřmi hlavními cirkulačními čerpadly a čtyřmi horizontálními parními generátory (reaktorová nádoba vyrobená ve Škoda JS, parní generátory a kompenzátor objemu v podniku Vítkovice). Z horního podlaží reaktorovny bylo možno nahlédnout do otevřené nádoby reaktoru a manipulační šachty a dále uvidět již namontované hydroakumulátory, kompenzátor objemu a některé další prvky primárního okruhu.

Po prohlídce reaktorovny následovala exkurze do strojovny, kde doprovázející odborníci stručně seznámili s hlavními systémy sekundárního okruhu JE, především s prvním českým turbosoustrojím 1000 MW vyrobeným ve Škoda Plzeň. Turbína již prošla úspěšně zkouškou vyvedení na otáčky. Zatím s použitím tzv. cizí páry, tj. páry z pomocné kotelny. Kromě vlastní turbíny s jedním vysokotlakým a třemi nízkotlakými dvouproudovými tělesy bylo možno vidět první český generátor 1000 MW s vodou chlazeným statorem a s vodíkovým chlazením rotoru, dále unikátní horizontální přihříváky páry a kondenzátory s již zmíněnými titanovými trubkami.

V souladu s programem exkurze byla ukončena po 12 hodině. Od 12,30 do 13,30 probíhal oběd ve stravovacím středisku ČEZ Temelín.

Odpolední zasedání senátu zahájil v zastoupení předsedy senátu jeho místopředseda ing. Havelka ve 13,30 hodin.

**1. Organizační záležitosti:**

Tajemník ASI Ing. Daněk, CSc. stručně seznámil přítomné senátory, kteří se nemohli účastnit výroční valné hromady ASI se závěry jejího jednání a se jmény nově jmenovaných senátorů.

Dále informoval o snaze po propojení strojařských technických a inženýrských organizací a společném usilování o navrácení majetku bývalého SIA.

**2. K problematice nepříznivého stavu české výzkumné základny a hledání možných způsobů nápravy otevřel diskuzi ing. Havelka.**

Bylo konstatováno, že díky rychlému rozvoji komunikační techniky se urychluje šíření nových znalostí a nové poznatky jsou ve vyspělých průmyslových zemích aplikovány ve výrobě stále pružněji a úspěšnost průmyslové výroby je stále

více závislá na dobře fungujícím výzkumu. To, bohužel, poněkud nedoceňuje současná česká vláda a začíná se to nepříznivě projevovat v zahraničním obchodu. České výrobky postrádají první kategorii "know how", kterou lze bohužel zajistit pouze vlastním výzkumem a stávají se tak pro náročné zahraniční trhy málo atraktivními. Zkušenosti ukazují, že nelze dovést opravdu špičkové technologie, koupit lze pouze "know-how" nejméně s jednogeneračním zpožděním.

Na téměř likvidační podmínky českého základního výzkumu poukázal dr. Rudolf Dvořák. Z pohledu pracovišť základního výzkumu jsou zde především tři základní aspekty k této likvidaci přispívající:

- není vytvořeno společenské klima, které by vyvolávalo zájem o tvůrčí práci v oblasti výzkumu a vývoje v technických oborech, a to zejména u mladých lidí
- velmi nízké státní příspěvky, které zpravidla nepostačují ani na tarifní mzdy
- zatím nedostatečný zájem průmyslu, který bohužel není většinou schopen přiměřeně investovat do aplikovaného výzkumu, tím méně pak do základního.

Dr. Dvořák rovněž upozornil na nepříznivou skladbu české vědecko-výzkumné a vývojové základny. V České republice existuje v technických oblastech 13 rezortních výzkumných ústavů (s průměrným počtem 40 pracovníků s vysokoškolským vzděláním)

9 ústavů Akademie věd ČR (s průměrným počtem 42 pracovníků s vysokoškolským vzděláním, 30 pracovišť vysokých škol (s průměrným počtem 45 pracovníků s vysokoškolským vzděláním, 265 pracovišť zabývajících se výzkumem (maximálně s deseti vysokoškolskými pracovníky na pracovišti).

Tato poslední pracoviště jsou ekonomicky velmi efektivní (roční náklady na pracovníka jsou zde cca 2 miliony Kč) a zcela neperspektivní. Dochází k nadměrnému tříštění i těch malých dotací, které stát na výzkum poskytuje.

V uvedených číslech nebyl zahrnut podnikový výzkum.

Problematice podnikového výzkumu byla věnována řada dalších příspěvků, v nichž členové senátu krátce informovali o stavu výzkumu ve svých podnicích.

Na závěr diskuze bylo dohodnuto, že doc. Ing. Holý, CSc. připraví na základě posledních jednání senátu a jednání výkonného výboru ASI stanovisko ASI k problematice vědy a výzkumu v České republice. Toto stanovisko bude zasláno všem členům senátu s předstihem před podzimním zasedáním senátu.

*Příští zasedání senátu bude uskutečněno 15. 10. 1997 v TOS Kuřim.*

## DOHODA O SPOLUPRÁCI

mezi

1. Státním úřadem pro jadernou bezpečnost (SÚJB) se sídlem v Praze 1, Senovážné nám. 9, zastoupeným předsedou Ing. Jánem Štullerem

a

2. Asociací strojních inženýrů (A.S.I.) se sídlem v Praze 6, Technická 4, zastoupenou prezidentem Ing. Radomírem Zbožinkem.

### I. PŘEDMĚT DOHODY

Předmětem dohody je vzájemná spolupráce při zajišťování bezpečného a spolehlivého provozu jaderné energetických zařízení na území České republiky.

K naplnění této dohody se obě strany zavazují takto:

#### 1. SÚJB

- a) Po úspěšném veřejném projednání Normativně technické dokumentace A.S.I. (NDT A.S.I.) bude SÚJB ve své publikaci Bezpečnost jaderných zařízení (se zeleným pruhem) informovat veřejnost o svém stanovisku k rozsahu její použitelnosti v oblasti jaderné energetiky.
- b) Bude informovat A.S.I. o vydávání právních předpisů, nálezů a doporučení pro zajištění bezpečného a spolehlivého provozu jaderné energetických zařízení.
- c) Bude informovat styčného zástupce A.S.I. o odborných akcích pořádaných SÚJB a možnosti účasti členů A.S.I. na těchto akcích.



**2. A.S.I.**

- a) V případě potřeby a na požádání SÚJB pověří A.S.I. svého zástupce k provedení výkladu NTD A.S.I. před státními orgány případně také před podnikatelskými subjekty.
- b) V působnosti hlavního výboru NTD JE a jeho komisí bude zpracovávat Normativně technickou dokumentaci A.S.I., obsahující doporučení pro návrh a hodnocení pevnosti, životnosti, odolnosti proti porušení, volbu materiálu a řešení provozních problémů zařízení a potrubí jaderné energetických zařízení na území České republiky. Bude zabezpečovat její veřejné projednání, vydání a revize v tříletých cyklech. Veřejné projednávání NTD A.S.I. bude dokumentovat a archivovat podle popsaného postupu. A.S.I. umožní kontrolu těchto dokumentů zástupci SÚJB, pověřeného předsedou SÚJB. Každý vydaný dokument NTD A.S.I. bezúplatně předá ve třech vyhotoveních SÚJB.
- c) Bude projednávat odchylky od NTD A.S.I. a dalších standardů a složité případy ve svých odborných komisích NTD JE a závěry bude zpracovávat ve formě „Případ č. ...“, který po veřejném projednání a přijetí SÚJB bude využitelný pro řešení obdobných případů.
- d) Ve spolupráci se strojními fakultami vysokých škol v Brně a v Praze bude A.S.I. pořádat kvalifikační kurzy ke zvýšení odborných inženýrsko-technických znalostí pracovníků v oblasti jaderné energetických zařízení.
- e) Podle požadavku SÚJB zajistí odborné školení a výuku a poskytne odborné příspěvky do periodik a publikací SÚJB. Poskytne náměty a zkušenosti v oblasti předmětu této dohody.
- f) Bude zvat zástupce SÚJB na své odborné akce a valnou hromadu A.S.I.

**3. Společně**

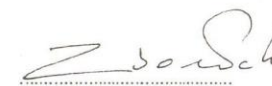
- a) SÚJB a A.S.I. jmenují každý jednoho svého styčného zástupce a jednoho náhradníka k projednávání činností plynoucích z této dohody o spolupráci. Jejich jména si vzájemně sdělí dopisem do jednoho měsíce po nabytí platnosti této smlouvy o spolupráci. Změnu zástupce oznámí druhému účastníku smlouvy jeden měsíc před jeho pověřením.
- b) Budou usilovat o nejvyšší odbornou úroveň pracovníků s technickým zaměřením ve vývoji, konstrukci a výpočtech, v údržbě, při opravách a při provozu jaderné energetických zařízení.
- c) SÚJB a A.S.I. budou prosazovat systematický přístup k výuce a prověřování odborné způsobilosti pracovníků s technickým zaměřením ve vývoji, konstrukci a výpočtech, v údržbě, při opravách a při provozu jaderné energetických zařízení.

- d) Budou spolupracovat při podpoře činností obou institucí.
- e) Budou pořádat další společné akce nad rámec této dohody, pokud cíle těchto akcí budou v obecný prospěch.
- f) Jednou ročně, nebo podle potřeby, uspořádají společné setkání zástupců obou institucí.

**II. ZÁVĚREČNÁ USTANOVENÍ**

1. Tato dohoda se uzavírá na dobu neurčitou.
2. Každý z obou účastníků může od dohody odstoupit s tím, že své rozhodnutí oznámí druhému účastníku nejméně tři měsíce předem se sdělením důvodů odstoupení.
3. Dohoda může být oběma účastníky zveřejněna a nabývá platnosti dnem podpisu zástupců obou účastníků.
4. Dohoda je sepsána ve dvou vyhotoveních, z nichž každý účastník obdrží jedno vyhotovení.

V Praze dne 13. 2. 1997
  
 Ing. Ján Štuller  
 předseda SÚJB

  
 Ing. Radomír Zbožinek  
 prezident A.S.I.

## Z ČINNOSTI KLUBŮ

## Klub ASI Most

## Patent

Elektromagnetický  
převodník určený zejména  
pro hybridní pohon vozidel

Ing. Pavel Dolanský

## Oblast techniky

Vynález se týká elektromagnetického převodníku, určeného zejména pro hybridní pohon vozidel.

## Dosavadní stav techniky

Pro regulaci otáček a výkonu pohonu strojů a nářadí se v současné době využívá automatických převodových skříní s řazením jednotlivých převodových stupňů a mechanických nebo elektromagnetických spojek.

Pro hybridní pohon vozidel je např. vyvíjena kombinace spalovacího nebo vznětového motoru a elektromotoru, který je napájen z akumulátoru.

Nevýhodou těchto zařízení je nutnost používat spojku, měnič převodů; u vozidel pak startér a alternátor.

Další nevýhodou jsou značné ztráty výkonu pohonné soustavy, větší pravděpodobnost poruch a složitost ovládní.

Model vozidla s hybridním pohonem z roku 1992 využívá spalovacího motoru s generátorem elektrického proudu a elektromotoru s dvoustupňovou převodovkou.

## Podstata vynálezu

Uvedené nedostatky odstraňuje elektromagnetický převodník podle vynálezu. Převodník, vedle své hlavní funkce regulovaného přenosu točivého momentu a výkonu, plní i funkci spojky, generátoru elektrické energie a u vozidel se spalovacím motorem též funkci startéru, případně elektromotoru, v režimu provozu hybridního pohonu.

Ovládání převodníku je možno provádět na podstatně vyšší ergonomické úrovni, přičemž veškeré funkce řídí analogový počítač a obsluha se tím maximálně zjednoduší.

Součástková základna pohonných systémů, zejména při využití tohoto převodníku pro hybridní pohon vozidel, se sníží o polovinu.

Převodník podle vynálezu umožňuje využívat elektrického pohonu vozidel ve městě, dále okamžitý rozjezd a zaručuje tichý chod vozidla.

Další výhodou při aplikaci v hybridním pohonu vozidla je možnost snížit potřebný výkon použitého neelektrického, např. spalovacího, motoru a tím spolu s katalyzátorem výfukových plynů dosáhnout ekologicky šetrného provozu. Převodník v tomto případě rovněž umožňuje využívat generovanou energii při brzdění vozidla pro dobíjení akumulátoru.

Automatizací režimu činnosti pohonné soustavy, přičemž je možno např. zcela automatizovat dobíjení akumulátoru bez zásahu řidiče, lze dosáhnout vysokého stupně pohodlí při řízení vozidla.

Objasnění schématu hybridního  
pohonu vozidla

Na schématickém náčrtku je znázorněn přenos točivého momentu neelektrického motoru přes mechanický převod a převodník podle vynálezu na pracovní element zařízení, v případě pohonu vozidla na jeho hnací kola.

## Objasnění výkresu

Vynález je blíže vysvětlen pomocí výkresu, na kterém je v polovičním řezu znázorněn elektromagnetický převodník jako elektrický točivý stroj, v případě použití pro hybridní pohon vozidla s možností náhrady obvyklé převodové skříně.

## Příklad provedení vynálezu

Elektromagnetický převodník je součástí hybridního pohonu vozidla dle schématu hybridního pohonu vozidla a je vytvořen jako elektrický točivý stroj podle výkresu v následně uvedeném provedení.

Ve statoru 1 se otáčí dutý válcový, permanentně zmagnetovaný mezirotor 2 a souose s ním rotor 3 s komutátorem 4. Na komutátor 4 doléhají sběrače 5, elektricky propojené s konektorem 6.

Mezirotor 2 je vytvořen z válcového permanentního magnetu sevřeného čely, z nichž jedno je opatřeno iniciátory indukčních snímačů 7, je uloženo v ložisku 8 a přechází ve válcový konec hřídele 9 pro mechanický převod ke kolům vozidla. Druhé čelo mezirotoru 2 je uloženo v ložisku 10. Indukční snímače 7 jsou elektricky spojeny s konektorem 11. Rotor 3 a mezirotor 2 jsou uloženy v ložiskách 12 a 13.

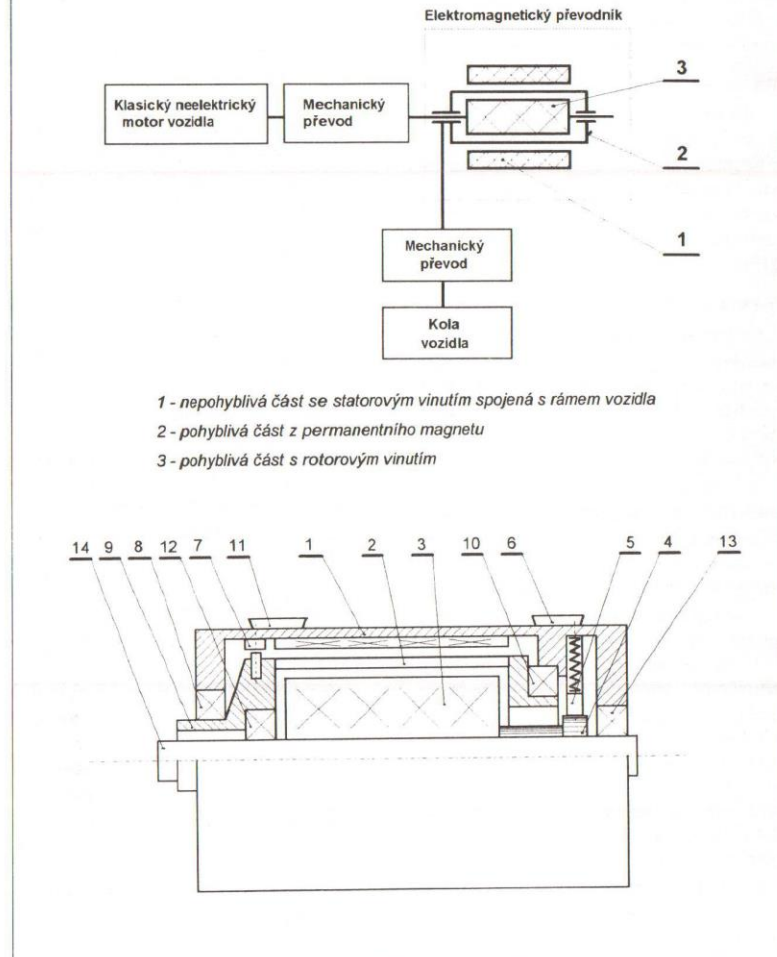
Rotor 3 tvoří hřídel, který je ve střední části opatřen rotorovým vinutím. Na jednom konci je opatřen komutátorem 4

pro sběrače 5 a na opačném konci válcovým koncem hřídele 14 pro mechanický převod ke klasickému neelektrickému motoru vozidla.

Tento příklad provedení vynálezu se dále vyznačuje:

- vozidlo je odvozeno od standardního vozu typu Škoda Favorit nebo Felicia
- spalovací motor o objemu 600 cm<sup>3</sup> má výkon 14 kW a je vybavený katalyzátorem výfukových plynů
- pohon vozidla je opatřen elektronicky řízeným elektromagnetickým převodníkem podle vynálezu, zajišťujícím kromě pohybu vozidla i automatické dobíjení akumulátoru a další funkce
- vinutí statoru převodníku je 48 V/4,8 kW s vnitřním průměrem klice 126 mm a vnějším 160 mm. Vinutí rotoru jako kotvy je 24 V/2,8 kW
- disponibilní zásoba elektrické energie, vyjádřená v hodinách a zlomcích hodin doby dojezdu se samotným elektrickým pohonem, je indikována ukazatelem na palubní desce
- akumulátory jsou olověné v klasickém provedení 4x12 V/60 Ah
- převodový poměr mechanického převodu z rotoru převodníku ke spalovacímu motoru je 1 : 4,5 a z mezirotoru převodníku ke kolům vozidla 3,5 : 1
- rotor převodníku je 16pólový klasického typu
- aktivní část mezirotoru převodníku tvoří permanentní magnet hvězdového průřezu s šestnácti vnitřními a šestnácti vnějšími póly a je vyroben z vhodného magnetického materiálu, např. slinutého nebo litého

## Schéma hybridního pohonu vozidla



- vinutí statoru převodníku je složeno z šestnácti komutovaných cívek a elektrické spojení s konektorem má 32 prameny pro propojení s tyristory
- sběrače komutátoru jsou čtyři a jejich silnoproudý konektor má osm pramenů.

### Patentové nároky

1. Elektromagnetický převodník určený zejména pro hybridní pohon vozidel, vyznačený tím, že je součástí pohonu zařízení a obsahuje:

- nepohyblivou část (1) se satorovým vinutím upevněnou na základu zařízení, resp. pevně spojenou s rámem vozidla,
- přes vzduchovou mezeru oddělenou pohyblivou část (2) z permanentního magnetu spojenou převodem s pracovním elementem zařízení, v případě pohonu vozidla s jeho hnacími koly,
- přes vzduchovou mezeru oddělenou další pohyblivou část (3) s rotorovým vinutím a komutátorem (4) spojenou převodem s neelektrickým motorem pohonu zařízení, resp. s klasickým neelektrickým motorem vozidla.

2. Převodník podle nároku 1, vytvořený jako elektrický točivý stroj, vyznačený tím, že otočné, pohyblivé části (2 a 3) jsou uloženy v nepohyblivé části (1) a vzájemně v sobě v ložiskách (8, 10, 12 a 13).

3. Převodník podle nároku 1 a 2, vyznačený tím, že nepohyblivá část (1) je vybavena na svém vnitřním obvodu snímači (7) elektricky propojenými s řídicím a regulačním systémem převodníku a pohyblivá část (2) je vytvořena jako dutý válec z permanentního

magnetu a na jednom konci je vybavena iniciátory snímačů (7).

4. Převodník podle nároku 1 a 2, vyznačený tím, že nepohyblivá část (1) je vybavena na straně komutátoru (4) pohyblivé části (3) sběrači (5) tohoto komutátoru, elektricky propojenými s řídicím a regulačním systémem převodníku.

5. Převodník dle nároku 1 až 4, vyznačený tím, že pohyblivé části (2 a 3) spolu s nepohyblivou částí (1) tvoří kompaktní systém sériového stejnosměrného motoru a stejnosměrného dynama se společnými póly permanentního magnetu pohyblivé části (2).

6. Převodník podle nároku 1 až 4, vyznačený tím, že jeho řízení a regulace jsou provedeny elektricky pomocí speciálního elektronického analogového systému.

### Anotace

Elektromagnetický převodník, určený zejména pro hybridní pohon vozidel, tvořený statorem (1), souose umístěný, mezi rotorem (2) z magnetického materiálu, spojený pomocí převodu s pohonem kol vozidla a rotorem (3), spojeným pomocí převodu s klasickým neelektrickým motorem vozidla. Rozdílem otáček rotoru (3) a mezirotoru (2) generovaný elektrický proud napájí stator (1) nebo nabíjí akumulátory. Ovládání převodníku a jeho funkci řídí elektronický analogový systém. Elektrický proud je do statoru (1) veden přes tyristory, řízenými indukčními snímači (7), které jsou buzeny iniciátory, umístěnými na obvodu čela mezirotoru (2). Mezirotor (2) spolu se statorem (1) funguje jako elektromotor pro pohon vozidla. Rotor (3) s mezirotorem (2) zastává mj. funkci startéru pro spalovací motor nebo funkci generátoru stejnosměrného elektrického proudu.

## Klub ASI Česká Třebová

Klub ASI Česká Třebová pracuje při Dopravní fakultě Jana Pernera Univerzity Pardubice na jejím dislokovaném pracovišti v České Třebové.

### Adresa klubu

Klub ASI Česká Třebová  
Dopravní fakulta Jana Pernera  
Univerzita Pardubice  
dislokované pracoviště  
Slovanská 452  
560 02 Česká Třebová

### Vedení klubu:

#### předseda:

doc. Ing. Jiří Izer, CSc.

vedoucí oddělení kolejových vozidel  
katedry dopravních prostředků

tel.: 0465/533006

#### tajemník:

Ing. Bohumil Culek, CSc.

odborný asistent katedry dopravních  
prostředků

tel.: 040/48351

hospodář:

dr. Ing. Michael Lata

odborný asistent katedry dopravních  
prostředků

tel.: 0465/533006

### Zpráva o činnosti Klubu ASI Česká Třebová

Vážení kolegové, dovolte nám, abychom na stránkách tohoto bulletinu krátce prezentovali poměrně mladý klub, ASI - Klub Česká Třebová. Chceme Vás stručně informovat o činnosti našeho klubu a jeho hlavních aktivitách.

Asociace strojních inženýrů - Klub Česká Třebová byl původně založen a působí při Dopravní fakultě Jana Pernera Univerzity Pardubice, dislokovaném pracovišti v České Třebové. Převážná část jeho členů jsou pedagogické a vědecké osobnosti právě Dopravní fakulty Jana Pernera. Z toho vyplývají i hlavní okruhy aktivit klubu.

Je to za prvé vědecko-výzkumná činnost. V této oblasti jde především o řešení významných úkolů ve spolupráci s řadou českých institucí a firem (Ministerstvo dopravy ČR, ŠKODA a.s. Plzeň, Moravskoslezská vagónka, ČKD holding, MOVO Plzeň, Dopravní podnik města Brna atd.), ale i zahraničním (DB). Jde zejména o řešení výzkumných úloh v oblasti vývoje nových či modernizovaných kolejových vozidel a v oblasti výzkumu jejich provozních vlastností. V tomto roce přibyly další aktivity klubu, a to řešení výzkumných úloh v oblasti materiálového inženýrství (DT Výhybkárna a mostárna Prostějov).

Druhým okruhem aktivit klubu je vzdělávací činnost. V této oblasti bude i v tomto roce pokračovat pracoviště v organizaci kurzů výpočetní techniky pro firmy i širokou veřejnost. V tomto roce je rovněž Klub ASI Česká Třebová spoluorganizátorem XIII. mezinárodní konference "Současné problémy v kolejových vozidlech", konané 16. - 18. 9. v České Třebové.

Cílem této konference je seznámit pracovníky z oboru kolejových vozidel s novými poznatky ve výzkumu, vývoji, zkušebnictví, konstrukci, výrobě, provozu, údržbě a opravárenství kolejových vozidel.

Třetím okruhem aktivit klubu je podpora ediční činnosti. V této oblasti si klub klade za cíl v rámci svých možností podpořit edici odborných publikací a skript, převážně interního charakteru.

Začátkem tohoto roku se stal Klub ASI Česká Třebová na základě rozhodnutí statistického úřadu ČR samostatným subjektem. V dokumentu Českého statistického úřadu jsou zakotveny právě výše uvedené okruhy činnosti klubu.

K dnešnímu dni má Klub ASI Česká Třebová několik nových členů z řad pedagogů a doktorandů Dopravní fakulty Jana Pernera - celkově 14 členů.

*Doc. J. Izer, CSc.*

*předseda Klubu ASI Česká Třebová*



## Klub ASI Praha

### Pořádání technických úterků

Tato zpráva je pokračováním informací o setkáních v Klubu Praha na technických útercích:

v úterý, 7. ledna 1997, hned po vánočních svátcích, byla plánována přednáška Ing. Jiřího Fleischhause, pracovníka Jjaderné elektrárny Temelín, nazvaná "Zásady jaderné bezpečnosti a jejich aplikace v jaderné elektrárně Temelín".

Na tuto přednášku navazovala i březnová přednáška o diagnostice dodaného turbosoustrojí, Ing. Vladimíra Horáka a Ing. Blanky Vičkové, pracovníků ŠKODY Plzeň - dodavatele zařízení.

Na tato dvě setkání s pracovníky zajišťující bezpečnost a spolehlivost naší jaderné energetiky navazovalo zasedání

senátu naší organizace 12. března v JE Temelín (viz zápis str. 42). Úspěch těchto akcí byl velmi příznivě přijat.

Únorová přednáška byla věnována "Technice v průběhu 20. století", kterou přednesl Prof. Ing. Jaroslav Němec, DrSc., člen výboru ASI; stručný záznam je uveden v tomto čísle bulletinu na str. 26. Ohlas byl velmi zajímavý a návštěvnost vysoká.

1. dubna měl přednášku člen výboru ASI a ředitel odboru ochrany ovzduší Ministerstva pro životní prostředí Ing. Bohuslava Brixeho na téma "Stav a vývoj životního prostředí v České republice". Přednáška byla obohacena konkrétními údaji o stavu ovzduší a dalším zlepšováním, vzhledem k opatřením, která jsou realizována.

6. května přednesl vedoucí katedry kompresorů, chladicích zařízení a hydraulických strojů doc. Ing. Josef Ota, CSc., který je našim zástupcem v CERNU, přednášku o tom, co se zde dělá v oblasti vývoje nízkých teplot a s tím souvisejících jevů, např. supravodivosti.

3. června byla přednáška Ing. Františka Pařízka, technického ředitele Českého plynárenského servisu (ČPS) věnována "Ověřování technického stavu a možnosti prodloužení životnosti vysokotlakých plynovodů".

Přednáška byla doplněna barevným videozáznamem a četnými výsledky z prováděných kontrol. Stručný obsah přednášky byl shrnut autorem článku na str. 34. Pro druhé poleťtí jsou v plánu Klubu ASI Praha následující akce:

Mimořádná přednáška prof. Raymonda Cohena, profesora Purdue

University a ředitele R. W. Harrickovy laboratoře, West Lafayette, USA, na téma: Novinky z vlastní činnosti R. W. H. laboratoře, systém technického vzdělávání v USA a otázky akreditace inženýrské činnosti". Tato přednáška se koná ve středu, 3. září 1997, v 15,30 na ČVUT, Fakultě strojní.

9. září 1997 v úterý v 15,30 hodin se bude konat normální přednáška prof. Ing. Jiřího Petráka, C.Sc. na téma "Teplná čerpadla". Termíny: 7. října, 4. listopadu, 2. prosince 1997 nejsou ještě obsazené a čekáme na návrhy z řad členstva i našeho senátu ASI podle aktuálnosti.

Na 6. listopadu připravuje ASI jednodenní seminář na Fakultě strojní ČVUT na téma "Vnitřní aerodynamika lopatkových strojů". Cílem prezentace současného stavu vývoje a výzkumu parních, spalovacích a vodních turbin, turbokompresorů, ventilátorů a čerpadel.

## RECENZE

Ing. Rudolf Dvořák, DrSc.,  
prof. Ing. Karel Kozel, DrSc.:

### Matematické modelování v aerodynamice

Vydalo: Vydavatelství ČVUT ve spolupráci s Českou matiči technickou, Praha, 1996

Každý inženýr, který přichází do styku s kvantitativními údaji o technickém děle či o přírodním ději, tedy teoretik, výzkumník, výpočtář, konstruktér, ale i experimentátor a často i ekonom, se při své tvůrčí práci zapojuje do některého úseku procesu, který propojuje zkoumaný děj probíhající v přírodě nebo v

technickém děle (obvykle teprve projektovaném), se souborem kvantitativních (nejčastěji číselných) údajů získaných o něm matematickou cestou. Na vstupu je zkoumaný objekt, dalšími články procesu jsou fyzikální model, matematický model, algoritmus jeho řešení, proces získávání kvantitativních údajů (číselných, grafických), na výstupu pak zmíněný soubor údajů. Zpětnou vazbu tvoří ověřovací experiment na modelu a konečně i na děle samém.

Recenzovaná monografie pojednává o úseku začínajícím u fyzikálního modelu přes matematický model a končí u algoritmu, zasahuje však někdy až k výslednému souboru dat. Má rozsah 356 stran formátu A5 se všemi náležitostmi, jako je obsah, seznam značek, seznam literatury obsahující 85 odkazů, text je proložen stovkou obrázků a osmi tabulkami. Jejím obsahem je soubor informací potřebných k absolvování cesty od fyzikálního modelu aerodynamického procesu (tj. představy o fyzikálních vlastnostech děje, probíhajícího v obecně nestacionárním proudění stlačitelného a většinou i vazkého plynu), přes nástin zrodu a rozbor vlastností matematických modelů (tj. soustav diferenciálních a algebraických rovnic a jejich okrajových a počátečních podmínek, jak je poskytuje současná mechanika tekutin), až po přehled možností jeho numerického řešení se základy numerických metod pro rovnice matematické fyziky. Kniha je doplněna řadou příkladů využívání teoretických úvah i vybranými ukázkami numerického řešení technických aplikací.

Oba autoři jsou zkušení vědečtí a pedagogičtí pracovníci s nemalou literární zkušeností. První z nich, renomovaný vedoucí výzkumný pracovník Ústavu termomechaniky AV ČR, sepsal vedle dlouhé řady vědeckých statí,

článků a referátů jedinečnou monografii Transsonické proudění (Academia, Praha, 1986) a vysokoškolská skripta Vnitřní aerodynamika (Ediční středisko ČVUT, Praha, 1987). Druhý je profesorem matematiky na strojní fakultě ČVUT v Praze, užší specializací numerik. Patří mezi zakladatele a propagátory numerických metod řešení aplikačních úloh z mechaniky tekutin u nás. Mezi inženýry je znám zejména spoluautorstvím skript Vybrané statě z matematiky I a II (Ediční středisko VUT, Praha, 1988 a 1981) a řadou odborných prací podávajících řešení úloh z aerodynamiky blízkých technické praxi. Oba autoři se již sešli ve společné publikaci Matematické metody v aerodynamice (Ediční středisko ČVUT, Praha, 1992). Na recenzovaném děle jsou patrné vlivy všech těchto starších publikací.

Nejprve si všimněme obsahu recenzované publikace. Po první kapitole, v níž se pojednává o souvislosti skutečnosti, fyzikálního a matematického modelu, různých způsobů jeho řešení a ověřovacího experimentu a dosažitelné přesnosti, následuje šest kapitol s přehledem matematického popisu proudění tekutin podle různých teorií. Lze je připsat převážně prvnímu z autorů.

Druhá kapitola je věnována termodynamickým základům mechaniky tekutin a uvedení jejich základních termofyzikálních vlastností. Třetí kapitola přináší přehled rovnic mechaniky tekutin v eulerovském pojetí v různém tvaru (rovnice continuity, různé tvary pohybových rovnic od Navierových-Stokesových, Eulerových včetně rovnic Bernoulliho a věty o energii, rovnice idealizovaných dějů popsaných úplnou rovnicí potenciální či jejími zjednodušenými vyplývajícími např. z představy o malých poruchách). Čtvrtá kapitola je

věnována proudění ideální tekutiny, zvláště jeho popisu potenciální rovnicí a možností její linearizace. Pozoruhodné jsou statí o vířivém proudění, které bývají v naší učebnicové literatuře pomíjeny. V šesté kapitole se pojednává o proudění vazké tekutiny. Zvýšená pozornost je věnována Prandtlůvu modelu s mezní vrstvou. Ve staticích turbulenci jsou uvedeny Reynoldsovy rovnice, Kármánova rovnice a modely Boussinesqův, Prandtlův a .. Následuje kapitola 6 o vlnových jevech ve stlačitelných tekutinách a kap. 7 s rozбором silového působení na obtékané těleso. Jako příklady jsou probrány a podrobně komentovány režimy obtékání rovinné desky a rotačního válce. Zvýšená pozornost je věnována transsonickému obtékání izolovaného profilu i profilu v přímé mříži.

Zbývající čtyři kapitoly, které však zaujmají více než polovinu vlastního textu, jsou věnovány numerickému řešení matematických modelů a lze je připsat druhému z autorů. Přechod k této problematice tvoří kap. 8, která vychází z převodu rovnic mechaniky tekutin do konzervativního tvaru a z formulace jejich okrajových úloh. Nejobsáhlejší kap. 9 přináší přehled metodiky numerického řešení uvedených soustav metodou sítí, metodou konečných objemů a metodou ustalování. Jsou zde probrány otázky aproximace problému různými diferenčními schémata včetně problematiky konvergence a stability řešení.

Vychází se z jednorozměrové rovnice vedení tepla a jednorozměrové rovnice vlnové, problematika je pak rozšířena na dvojrozměrové problémy blízké úlohám o proudění. Kap. 10 je pak věnována rozboru typických úloh mechaniky tekutin popsaných výše uvedenými modely, z nichž některé jsou i zjednodušeny např. předpokladem existence malých poruch.

Je poukázáno na metody vhodné k řešení úloh popsaných rovnicemi eliptického typu, supersonických úloh hyperbolického typu, v nichž se vyskytují rázové vlny, a úloh transsonických popsaných rovnicemi smíšeného typu, v nichž je třeba identifikovat hranice supersonické oblasti. Zde je zdůrazněn význam multigradních metod a metod ustalování. Kapitola 11 obsahuje podrobné ukázky řešení asi dvacítky konkrétních úloh týkajících se většinou problematiky profilových mříží, při čemž se vychází z různě složitých modelů. Vyskytují se mezi nimi i úloha trojrozměrová, úloha nestacionární a příklady řešení úloh popsaných Navierovými-Stokesovými rovnicemi pro nestlačitelnou i stlačitelnou tekutinu. Aplikace se týkají většinou problematiky řešené v Ústavu termomechaniky AV ČR.

Podle anotace uvedené v tiráži je kniha určena inženýrům pracujícím ve výzkumu a doktorandům na strojních fakultách. Po obsahové stránce vyčerpává kniha látku současně moderní mechaniky tekutin a numerické matematiky, jak je potřebuje dnešní technická praxe, co do rozsahu překračuje současné osnovy většiny specializací studia strojního inženýrství. Kvůli omezenému rozsahu nemůže samozřejmě obsahovat podrobná odvozování a rozbor, přesto se autorům podařilo naznačit logiku vývoje obou disciplin obsažených v knize. Snad by prospělo, kdyby "diskontinuita" nezi kapitolou 7 a 8 byla trochu "rozmazána", kdyby ve fyzikální části byla zmíněna i možnost variačního popisu dynamiky tekutin a pak v části numerické byla alespoň charakterizována metoda konečných prvků ve srovnání s metodami probíranými zde podrobněji. Inženýry by zajímalo i stanovisko ke komerčním univerzálním výpočetním

systémům, které se v praxi stále hojněji zavádějí. Po stylistické stránce je kniha charakteristická krajní stručností. Zvláště v matematické polovině se hojně využívá matematické "stenografie", která bude činit starší generaci inženýrů, kteří v ní nebyli vychováni, potíže. Seznam značek by měl být podrobnější a doplněn rozměry veličin, protože v textu význam symbolů často není vysvětlován. Termodynamická terminologie se mírně liší od běžných zvyklostí, souvislost mezi vířivostí a střední úhlovou rychlostí je rovněž definována odlišně. Po formální stránce je kniha zpracována pečlivě, úhledně a přehledně. Asi na dvou či třech místech zazlobil textový editor, ojedinele se vyskytují překlepy, chybí obr. 2.1. To jsou však drobné nedostatky, které si pokročilejší čtenář, pro nějž je kniha určena, snadno opraví. Redakce Bulletinu Asociace strojních inženýrů položila recenzentům otázku, jak prospěje recenzovaná kniha inženýrům v praxi. Rozhodně není ani základní učebnicí ani příručkou. Pomůže skupině inženýrů profesí vyjmenovaných v první větě této recenze tím, že je informuje o rozsahu, možnostech a metodách současně počítačové mechaniky tekutin, umožní zařadit jejich konkrétní problém do širšího kontextu vědní disciplíny a poradí, jakými metodami jej lze řešit. Konečně představuje jakési repertorium před hlubším studiem speciální problematiky.

Kniha vyšla v pravý okamžik. Vždyť již po dobu zhruba deseti let v češtině nevyšla - nepřihlížíme-li ke studijním pomůckám skriptového typu - žádná vědecká publikace z oboru mechaniky tekutin, takže pracovníci v tomto oboru propadali již skepsi. Mimo jiné i z toho důvodu patří autorům i vydavatelům dik.

JN + JN

## SPOLEČENSKÁ KRONIKA ČLENŮ ASI

## 65 LET

Ing. Rudolfa Dvořáka, DrSc.  
(nar. 8. 3. 1932)

Ačkoliv jsme oba byli od roku 1971 pracovníky téhož Ústavu termomechaniky ČSAV (nyní AV ČR), potkával jsem tohoto usměvavého, vlidného a přemýšlivého kolegu častěji v knihovnách a na koncertech než na pracovišti. Ústav byl totiž rozdělen, mně bylo souzeno pobývat v "kamenné" budově na Puškinově náměstí a jemu v provizorním dřevěném baráku v Majakovského ulici. Přesto mi bylo od prvního setkání jasné, že kolega Dvořák je jedním ze vzácných typů vědeckých pracovníků, který ví, že smysluplné bádání nemůže být samoúčelné ani izolované, že vyžaduje velkou osobní angažovanost, mimořádnou pracovitost, ukázněnost, sečtělou a schopnost komunikace, jinak řečeno - kulturnost.

Po absolvování strojní fakulty ve specializaci Teorie a stavba tepelných turbin v roce 1954 nastoupil Dvořák jako aspirant do tehdejší Laboratoře strojnické ČSAV (z níž vznikl nynější Ústav termomechaniky) a o čtyři roky později obhájil kandidátskou dizertační práci, která se týkala proudění v lopátkových mřížích.

Ve školním roce 1965/66 absolvoval studijní pobyt na univerzitě v Southamptonu. Získané zkušenosti uplatnil jako vedoucí oddělení Dynamika plynů. Začal se zabývat prouděním chemicky reagujících směsí, transsonickým prouděním kolem profilů a v lopátkových kanálech a také optimalizací těchto kanálů. Dobře věděl,

že vědecký ani technický pokrok není možný bez aplikace moderních numerických metod a výpočetní techniky, ale zároveň si uvědomoval, že se vědecké poznání v jeho oboru nesmí odtrhnout od fyzikální reality, nesmí se stát pouhou intelektuální hrou. Stejný důraz proto kladl i na experimentální mechaniku tekutin.

Nové možnosti mu poskytlo dokončení unikátní laboratoře v Novém Kníně, kde byl roku 1964 zahájen provoz velkého aerodynamického tunelu využívajícího vakuovou komoru o objemu 6500 m<sup>3</sup>, vytvořenou z bývalého zlatého dolu. Výstavbu této laboratoře podpořily Škodovy závody v Plzni, avšak z její činnosti profitovaly i jiné instituce a závody, například ČKD Kompresory v Praze. Výsledky své vědecké práce shrnul Dvořák do knihy "Transsonické proudění", která vyšla v roce 1986 v nakladatelství Academia v Praze. Po obhajobě těchto výsledků získal Dvořák také hodnost doktora technických věd (DrSc.).

Dobrym vědcem nemůže být ten, kdo nevyhovává ve svém oboru alespoň jednoho následovníka zřetelně lepšího, než je on sám. I o to se Dr. Dvořák poctivě snažil. Od r. 1969 přednášel o problémech vnitřní aerodynamiky na fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské i na fakultě strojní ČVUT a vychoval mnoho vědeckých aspirantů.

O to tíživěji na něho doléhá skutečnost, že ekonomický tlak dnes potlačuje zájem mladé generace o vědeckou práci a kromě toho prakticky znemožňuje provoz velkého, energeticky náročného aurodynamického tunelu v Novém Kníně. To však neubírá Dr. Dvořákovu na jeho

čínorodosti, typické pro celou jeho životní dráhu. Spoluzakládal Československou společnost pro mechaniku při ČSAV, po léta působil jako člen redakční rady Strojnického časopisu, angažoval se při obrodě činnosti ČSAV po listopadu 1989 a byl v letech 1990 - 1992 ředitelem Ústavu termomechaniky ČSAV. Spoluzakládal také Asociaci strojních inženýrů v Praze a je členem výboru.

Dodnes pracuje v různých poradních a řídicích orgánech Akademie i jiných institucí, organizuje mezinárodní konference a získává různá uznání a ceny. V Ústavu termomechaniky AV ČR pracuje dnes jako vědecký konzultant, člen kolegia ředitele a člen vědecké rady. O výsledcích svých prací referuje nejen v odborném tisku, ale i na různých konferencích a symposiích doma i za hranicemi. Kdo potřebuje odbornou pomoc, ten najde u Dr. Dvořáka dveře otevřené.

Ještě za bývalého režimu nazval jeden z vážených představitelů naší vědecké obce Ústav termomechaniky oázou slušnosti. Skutečně, v tomto ústavu se sešlo několik významných osobností, které dokázali svou autoritou a svými povahovými vlastnostmi ovlivnit ostatní natolik, že vzniklo prostředí, v němž bylo možné i v období "normalizace" důstojně žít a radostně pracovat. S vděčností mezi ně řadím i Dr. Dvořáka.

Na adresu těch, kteří dnes pocítují nad lecčims zklamání, připomínám slova Alberta Einsteina:

*"Osud nás všech dnes závisí na našich mravních silách více než kdy dříve. Žádné poklady světa nám nemohou pomoci vpřed, jen příklad velkých a čistých osobností může vést k ušlechtilému chápání a činům".*

Cyril Höschl



## 290 let

### Českého vysokého učení technického v Praze

Ve dnech 4. června 1997 v Betlémské kapli v Praze bylo zahájeno slavnostní zasedání akademické obce právě u příležitosti 290. výročí vzniku nejstarší technické univerzity v Evropě - Českého vysokého učení technického. Vedle akademických funkcí byla přítomna řada hostů, mezi kterými byl například primátor hl. města Prahy Dr. Koukal, CSc., náměstek ministra školství Ing. Emanuel Ondráček, CSc. a čelní představitelé vědeckých institucí, průmyslových podniků, společenských korporací a rektorů vysokých škol.

Zahajovací řeč slavnostního zasedání, kterému předsedal rektor ČVUT prof. Ing. Petr Zuna, CSc., přednesl prorektor pro výstavbu prof. Ing. Jiří Šejnoha, DrSc. Rektor ČVUT v následujícím vystoupení zhodnotil především osobnosti, které měly rozhodující vliv při budování pražské technické univerzity.

Slavnost završilo udělování medailí a ocenění vědeckotechnickým pracovníkům. Felberova medaile I. stupně - zlatá byla udělena in memoriam rektoru ČVUT prof. Ing. Stanislavu Hanzlovi, CSc.



ŠKODA, JADERNÉ STROJÍRENSTVÍ, Plzeň, s.r.o.

## KVALITA, ZKUŠENOSTI, TRADICE

### JADERNÉ SYSTÉMY A KOMPONENTY

- Jaderné elektrárny typu VVER-440 MW a VVER-1000 MW - finální dodavatel systémů primárního okruhu reaktoru a výměny paliva
- Jaderné elektrárny typu PWR - výroba těžkých komponent
- Zkušební a cvičné reaktory
- Rozsah dodávky - prováděcí projekt, výroba, dodávka, montáž, spouštění a uvádění do provozu

### TECHNICKÝ SERVIS PRO JADERNÉ ELEKTRÁRNY

- Opravy jaderných zařízení
- Modernizace a rekonstrukce
- Provozní prohlídky
- Diagnostické systémy
- Výpočetní servis
- Termohydraulické a mechanické zkoušky paliva
- Nedestrukční zkoušky
- Svařování, tepelné zpracování

### DALŠÍ JADERNÁ ZAŘÍZENÍ

- Kompaktní skladovací mříže
- Transportní a skladovací kontejnery vyhořelého paliva
- Hermetické kabelové průchodky
- Překrytí transportního koridoru
- Kalibrační stendy dozimetrických přístrojů

### NEJADERNÁ VÝROBA

- Tlakové nádoby pro chemický a petrochemický průmysl
- Těžké svařované konstrukce
- Tlakové uzávěry
- Tepelné výměníky, nádrže
- Utahovací matic
- Léčebné tlakové komory

### CERTIFIKACE ZAJIŠTĚNÍ JAKOSTI

Normy, aplikovatelné podle požadavků zákazníka

ASME Code: Sekce I, Sekce III, Div. I, Sekce VIII, Div. 1 a 2

AD Merkblatt HP O - 1991

ISO 9001

## VÁŠ SPOLEHLIVÝ PARTNER

ŠKODA, JADERNÉ STROJÍRENSTVÍ, Plzeň, s.r.o.

Orlík 266

316 06 Plzeň

tel.: (019) 704 2410, fax: (019) 704 2537, 704 2305

## Asociace inovačního podnikání ČR

pořádá

ve dnech 2. - 10. prosince 1997

v prostorách

Národního technického muzea v Praze

# inovace '97

4. mezinárodní symposium s výstavou

Přihlášky k účasti na sympoziu do 30. září 1997

Přihlášky k účasti v soutěži a na výstavě do 31. října 1997

Asociace inovačního podnikání České republiky

Ing. Stanislav Lička, CSc.

Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1

tel. 02/21082274

fax 02/21082276

e-mail: icitt@aicr.anet.cz

\* \* \*

4. mezinárodní symposium INOVACE '97, které pořádá AIP ČR ve spolupráci se svými členy se koná 2. prosince 1997 a je věnováno koncepčním otázkám inovačního podnikání a komercializace výsledků výzkumu a vývoje. Ve dnech 3. až 10. prosince 1997 následují specializované semináře jednotlivých členů a partnerů AIP ČR. V prostředí Národního technického muzea mohou technické univerzity, výzkumné ústavy a inovační firmy prezentovat ve dnech 2. až 10. prosince 1997 konkrétní příklady úspěšné realizace výsledků výzkumu a vývoje v průmyslové praxi. V závěrečný den výstavy bude vyhlášena cena "Inovace roku '97" za nejlepší výrobek a technologii.

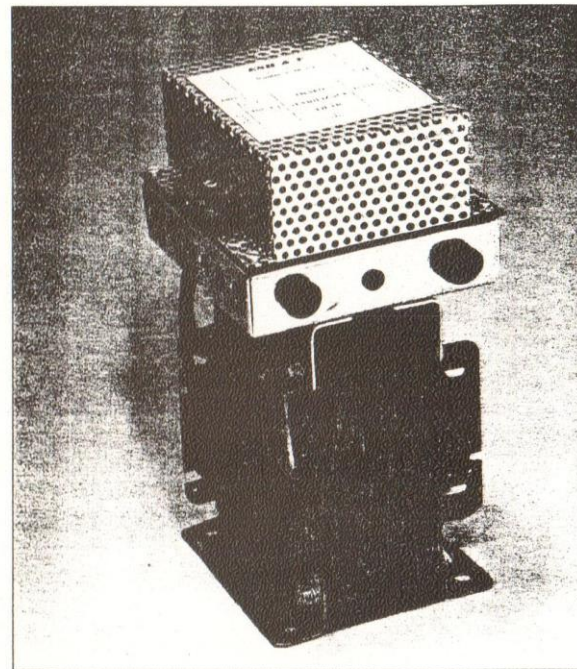
### PROGRAM

- 2. 12. 1997 „Praktická opatření pro zlepšení inovačních schopností firem“
- 3. 12. 1997 Technologie pro 21. století:  
„Využití radioaktivních odpadů k výrobě energie“
- 4. - 7. 12. 1997 Semináře a prezentace dle individuálního programu firem
- 8. - 9. 12. 1997 „Programy podpory výzkumu a vývoje na rok 1998“
- 10. 12. 1997 Vyhlášení ceny "INOVACE ROKU 97"
  
- 2.-10. 12. 1997 Výstava inovačních firem

## E.S.H.&F. s.r.o.

Elektrotechnická společnost

## Stejnoseměrné zdroje



Firma postupně rozšiřuje svůj výrobní program. V současné době zahájila výrobu stejnosměrných zdrojů, sestavených na bázi vyráběných komponentů (cívky, transformátorů). Ve spolupráci s firmou EMP-Houba vyrábí firma jednofázové a trojfázové napájené stejnosměrné zdroje o trvalém výkonu do 3 kW při výstupním proudu 15 A (jednofázové) a 200 A (trojfázové provedení, krátkodobě). Usměrnovač je proveden v požadovaném krytí, jako nástavba transformátoru.

Dle požadavku zákazníka jsou dodávány zdroje stabilizované (standardně), nebo regulované. Užití stejnosměrných zdrojů je velice rozmanité. Jsou použitelné v rozvaděčích pro průmyslové technologické aplikace, nebo například jako startovací zdroje u autodopravců.

Konstrukční návrh provádí firma dle zadání zákazníka, nebo přímo vyrábí dle předané dokumentace.

### Kancelář

V Jirchářích 11, 110 00 Praha 1  
tel./fax: 02/24 91 21 29

### Provozovna

Studeňany 18, 507 12 Radim u Jičína  
tel./fax: 0433/971 95



#### PLNICÍ TURBODMYCHADLA

- plnicí turbodmychadla pro přeplňování dvoudobých i čtyřdobých motorů s výkonem 150 – 6500 kW
- chladicí jednotky pro úpravu vzduchu dopravních prostředků

#### LETECKÁ TECHNIKA

- komponenty klimatizačních systémů letadel
- generátory vzduchu pro startovací systémy letadel
- vzduchové startovací turbíny leteckých motorů
- kryogenní expanzní turbíny zejména pro expanzi helia
- turbomolekulární vývěvy

#### METALURGIE

- přes 300 druhů přesně litych odlitků z 60 druhů materiálů metodou vytavitelného modelu: z uhlíkových ocelí, chromových ocelí, austenitických ocelí a superslitin na bázi niklu a kobaltu, v hmotnostech od 0,1 - 25 kg

#### ENERGETICKÁ ZAŘÍZENÍ

- parních protitlaké a kondenzační turbíny do 7 MW
- expanzní turbíny

#### EKOLOGICKÁ ZAŘÍZENÍ PRO ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

- dekantální odstředivky, které slouží ke kontinuálnímu oddělování pevných i suspendovaných látek z roztoků

#### OSTATNÍ SLUŽBY

- povrchové úpravy dílců jako eloxování, zinkování, niklování, mědění, černění
- individuální výroba jednoduše strojů a strojů malé stavební techniky
- výroba složitých dílců a uzlů pro tuzemské i zahraniční zákazníky
- výroba forem pro přesné lití a lisování plastů
- výroba přípravků a speciálního nářadí

**PBS Velká Bíteš, a.s.**  
Vikovská 279  
595 12 Velká Bíteš  
tel.: (0619) 962 711, fax: (0619) 962 595

